

LAHOPUUN MÄÄRÄ JA LAATU LAHDEN  
KAUPUNKIMETSISSÄ  
-INDIKAATIOT MONIMUOTOISUDELLE

SUVI KOLU

HELSINGIN YLIOPISTO  
EKOSYSTEEMIT JA YMPÄRISTÖ  
-TUTKIMUSOHJELMA  
PRO GRADU -TUTKIELMA  
18.01.2019

HELSINGIN YLIOPISTO – HELSINGFORS UNIVERSITET

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| Tiedekunta – Fakultet – Faculty  |  | Laitos – Institution – Department          |   |
| Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta   |  | Ekosysteemit ja ympäristö -tutkimusohjelma |   |
| Tekijä – Författare – Author   |  |  |   |
| Suvi Kolu  |  |  |   |
| Työn nimi – Arbetets titel – Title   |  |  |   |
| Lahopuun määrä ja laatu Lahden kaupunkimetsissä -indikaatiot monimuotoisuudelle  |  |  |   |
| Oppiaine – Läroämne – Subject  |  |  |   |
| Ympäristöekologia  |  |  |   |
| Työn laji – Arbetets art – Level   |  | Aika – Datum – Month and year              | Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages |
| Pro gradu  |  | 18.01.2019                                 | 64                                      |
| Tiivistelmä – Referat – Abstract   |  |  |   |
| <p>Yksi aikamme suurimmista ongelmista on biodiversiteetin nopea köyhtyminen. Suurin uhka lajiston monimuotoisuuden vähenemiselle ovat elinympäristöjen sirpaloituminen ja katoaminen. Suomessa suurin yksittäinen syy metsälajien harvinaistumiselle ja uhanalaistumiselle, sekä toiseksi yleisin syy lajien katoamiselle, on metsiemme käytön tehostumisen myötä vähentynyt lahoppuun määrä ja laatu. Metsiemme noin 20 000–25 000 lajista noin 20–25 % on lahoppuusta riippuvaisia saproksyyilejä, joista ainakin 523 lajia on uhanalaistunut. Jopa valtapuulajeillamme elävä saproksyyililajisto on vaikeuksissa, sillä kuusella, männyllä ja koivulla, on kullakin yli 100 Suomen punaisella listalla, eli lajien uhanalaisuusasteelta arvioitavaa lajia.</p> <p>Suomen maapinta-alasta valtaosan kattavissa talousmetsissä fokus on viime vuosikymmeninä ollut puun tuotoksen tehostamisessa. Samaan aikaan kaupunkimetsissä on alettu arvostaa metsien aineettomia hyötyjä, esimerkiksi virkistätymisympäristönä. Kaupunkimetsien muuttunut käyttö ja kasvava ymmärrys lahoppuun tärkeydestä biodiversiteetille mahdollistaakin lahoppuun määrän lisäyksen ja siten biodiversiteetin suojelun kaupunkimetsissä.</p> <p>Tässä tutkimuksessa lahoppuuston diversiteettiä, eli määrää ja laatua tutkittiin hoidetuissa ja hoitamattomissa kaupunkimetsissä, sekä luonnontilaisen kaltaisissa metsissä. Metsien lahoppuujatkumon ja luonnontilaisuuden määrittämisessä käytettiin apuna metsien luonnontilaisuudesta indikoivia kääpälajeja.</p> <p>Lahoppuuston tilavuus, kappalemäärä ja diversiteetti erosivat merkittävästi eri metsäluokkien välillä. Lahoppuuston tilavuus oli pienin hoidetuissa kaupunkimetsissä 12,09 m<sup>3</sup>/ha, keskiverto hoitamattomissa kaupunkimetsissä 60,50 m<sup>3</sup>/ha ja suurin luonnontilaisen kaltaisissa metsissä 72,03 m<sup>3</sup>/ha. Suurin lahoppuun tilavuus 181,85 m<sup>3</sup>/ha mitattiin luonnontilaisen kaltaisessa metsässä ja matalin 1,69 m<sup>3</sup>/ha hoidetuissa kaupunkimetsissä. Lahoppuiden ja lahoppukappaleiden määrä oli pienin hoidetuissa kaupunkimetsissä, noin 3 kertaa suurempi hoitamattomissa kaupunkimetsissä ja noin 5 kertaa suurempi luonnontilaisen kaltaisissa metsissä. Luonnontilaisen kaltaisissa metsissä oli hoidettuihin kaupunkimetsiin verrattuna yli 5 kertaa enemmän kuusi-, 8 kertaa enemmän koivu-, ja 6 kertaa enemmän haapalahoppuuta, eikä hoidetuissa kaupunkimetsissä ollut lainkaan mäntylahoppuuta. Luonnontilaisen kaltaisten metsien lahoppuuston diversiteetti oli hoidettuihin kaupunkimetsiin verrattuna kolminkertainen. Lahoppuuston diversiteetin ja indikaattorikäypien esiintymien perusteella metsien rakenteellinen ja lajistollinen monimuotoisuus oli huomattavasti korkeampi luonnontilaisen kaltaisissa metsissä kuin kaupunkimetsissä, erityisesti hoidetuissa kaupunkimetsissä.</p> |  |  |   |
| Avainsanat – Nyckelord – Keywords  |  |  |   |
| Lahoppu, kaupunkimetsät, luonnonmetsät, biodiversiteetti, saproksyyli, indikaattorikäyvät  |  |  |   |
| Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors  |  |  |   |
| Heikki Setälä, Johan Kotze, Timo Kuuluvainen   |  |  |   |
| Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited   |  |  |   |
| Käsikirjasto, Niemenkatu 73, Lahti   |  |  |   |

|   |    |
|---|----|
| 1. Johdanto .....   | 2  |
| 1.1. Lahopuu .....  | 3  |
| 1.2. Lahopuusta riippuvaiset eliöt, saproksyyliit.....                            | 5  |
| 1.3. Lahopuun diversiteetin vaikutus saproksyyliilajiston monimuotoisuuteen ..... | 9  |
| 1.4. Indikaattorilajit metsäluonnon monimuotoisuudelle.....                       | 12 |
| 1.5.1. Lahopuun määrä ja laatu luonnontilaisen kaltaisissa metsissä.....          | 13 |
| 1.5.2. Lahopuun määrä ja laatu talousmetsissä .....                               | 14 |
| 1.7. Lahden kaupungin metsät .....  | 15 |
| 1.8. Työn tarkoitus .....   | 16 |
| 2. Aineisto ja menetelmät .....   | 17 |
| 2.1. Tutkimusalue.....  | 17 |
| 2.2. Otanta.....  | 17 |
| 2.3. Puustonmittausmenetelmät .....   | 20 |
| 2.3.1. Elävä puusto.....  | 21 |
| 2.3.2. Lahopuusto.....  | 21 |
| 2.4. Puuston määrän, laadun ja diversiteetin laskenta.....                        | 22 |
| 2.4.1. Puusto.....  | 22 |
| 2.5. Kääpien indikaattorilajit.....   | 23 |
| 2.6. Tilastolliset analyysit .....  | 24 |
| 3. Tulokset.....  | 24 |
| 3.1. Elävä puusto.....  | 24 |
| 3.2. Lahopuuston tilavuus ja laatu .....  | 27 |
| 3.4. Indikaattorikäävät .....   | 34 |
| 4.1. Elävä puusto.....  | 36 |
| 4.2. Lahopuusto.....  | 37 |
| 4.2.1. Lahopuun määrä.....  | 37 |
| 4.2.2. Lahopuun laatu.....  | 38 |
| 4.2.3. Lahopuun diversiteetti .....   | 40 |
| 4.3. Indikaattorikäävät .....   | 41 |
| 4.4. Indikaatiot metsäluonnon monimuotoisuudelle .....                            | 42 |
| 5. Johtopäätelmät .....   | 44 |
| 6. Kiitokset.....   | 45 |
| 7. Lähteet .....  | 45 |
| Liitteet.....   | 56 |

## 1. Johdanto

Yksi aikamme suurimmista ongelmista on biodiversiteetin köyhtyminen yhä kiihtyvällä vauhdilla (Fahrig 1997). Biodiversiteetillä tarkoitetaan luonnon monimuotoisuutta, eli rakenteiden, prosessien ja lajiston (geenit mukaan lukien) rikkautta, sekä vaihtelua ajassa ja paikassa (Siitonen ym. 2000). Suurin uhka lajiston monimuotoisuuden vähenemiselle on elinympäristöjen sirpaloituminen ja katoaminen (Fahrig 1997). Metsien rakenteessa viime vuosikymmenien aikana tapahtunut muutos, eli lahopuun määrän ja laadun väheneminen, onkin suurin yksittäinen syy metsälajien harvinaistumiselle ja uhanalaistumiselle, sekä toiseksi yleisin syy lajien katoamiselle. Suomessa lahopuusta riippuvaisista lajeista uhanalaistuneita on 523, eli noin kolmannes kaikista metsiemme uhanalaisista lajeista. (Rassi ym. 2010)

Muutokset ovat olleet voimakkaimpia talousmetsissä (Päivinen ym. 2011, Siitonen 2012, Nordén ym. 2008, Sippola ym. 2001), jotka kattavat valtaosan maamme metsistä (Metla 2013). Metsien käytön tehostuminen on johtanut jopa valtapuulajeilla, eli kuusella, männyllä ja koivulla elävän lajiston uhanalaistumiseen, sillä kullakin on yli 100 Suomen punaisessa kirjassa uhanalaisuusasteeltaan arvioitavaa lajia (Siitonen 2001).

Lahopuun määrän ja laadun, eli diversiteetin laskiessa lahopuusta riippuvaisten eliöiden, eli saproksyylien diversiteetti laskee, samalla myös saproksyyliyhteisön väliset interaktiot yksinkertaistuvat-, johtaen muutoksiin koko metsäekosysteemeissä (Stokland 2012). Metsän rakenteen ja toiminnan yksinkertaistuminen alentaa edelleen metsän stabiiliutta, jolloin metsä on alttiimpi erilaisille häiriöille ja palautuu niistä hitaammin (McCann 2000). Tällöin myös ihmisten metsiltä saamat ekosysteemipalvelut vaarantuvat (Kuuluvainen & Siitonen 2013). Ekosysteemipalveluiksi kutsutaan aineellisia ja aineettomia palveluja, joita ihmiset saavat luonnolta, tässä tapauksessa metsiltä. Yksi

tärkeimmistä metsien tarjoamista ekosysteemipalveluista on ilmaston säätely, eli hiilen sidonta ilmakehästä biomassaan. Maaekosysteemien sitomasta hiilestä noin kolmannes on sitoutuneena puustoon (Pan ym. 2011), loppu on varastoituneena maaperään ja lahopuihin, joista hiiltä vapautuu hitaasti takaisin kiertoon lahopuuta hajottavan eliöstön hengityksessä (Salo 2015). Vaikka lahopuu onkin melko lyhytaikainen hiilen varasto, se on pitkäaikainen ravinteiden ja orgaanisen materiaalin lähde ja oleellinen osa metsänpohjan kunttakerrosta, sekä elintärkeä habitaatti monille metsien lajeille. (Siitonen 2001)

### **1.1. Lahopuu**

Lahopuulla tarkoitetaan yleensä kuollutta puuainesta, joka on läpimitaltaan vähintään 9.5 cm (Siitonen 2001). Tähän karkeaan lahopuuainekseen luokitellaan puun runko, kanto, sekä isot oksat ja juuret. Myös elävässä puussa kiinni olevat kuolleet oksat tai rungon osat ovat karkeaa lahopuuainesta. (Rondeux & Sanchez 2009) Hienoksi lahopuuainekseksi luokitellaan läpimitaltaan alle 9.5 cm oleva puuaines (Siitonen 2001), joka on tärkeä osa metsänpohjan karikekerrosta (Harmon ym. 1986, Harmon & Chen, 1991, Laiho & Prescott 1999, Siitonen 2001) ja vaikuttaa esimerkiksi metsän vesitalouteen (Larsen ym. 1980).

Metsän rakenne, eli elävän ja kuolleen puuston määrä ja laatu määrittyy puustoa tappavien, eri asteisten häiriötekijöiden, kuten myrskyjen, tuhohyönteisten ja metsäpalojen, sekä häiriötä seuraavan sukkession, eli uuden puuston kehittymisen myötä (Esseen ym. 1997, Siitonen 2001). Näin ollen erilaiset häiriöt ovat elintärkeitä lahopuuston muodostumiselle ja siten metsien rakenteelle ja edelleen koko metsäekosysteemin monimuotoisuudelle (Attiwill 1994).

Luonnontilaisissa metsissä puusto uudistuu jatkuvasti erilaisten sisäisten ja pienialaisten, sekä harvakseltaan esiintyvien ulkoisten ja suurten häiriöiden kautta

(Hansen ym. 1991). Luonnonmetsissä lahopuun määrä on suurimmillaan heti voimakkaan häiriön, kuten myrskyn tai metsäpalon jälkeen (Tyrrell and Crow 1994, Uotila ym. 2001, Siitonen 2001) ja pienimmillään sukkession keskivaiheilla, jonka jälkeen lahopuun määrä alkaa taas runsastua (Krankina & Harmon 1995, Uotila ym. 2001, Siitonen 1998) luontaisen pienaukkodynamiikan kautta (Tyrrell and Crow 1994, Siitonen 2001). Eniten kuollutta puustoa on voimakkaiden häiriöiden, kuten myrskyjen ja metsäpalojen jälkeen, jopa 300 kuutiota hehtaarilla (Keto-Tokoi & Kuuluvainen 2011).

Metsien käytön tehostumisen myötä vanhat, rakenteeltaan ja lajistoltaan monimuotoiset metsät ovat korvattu nuorilla, lajistoltaan ja rakenteeltaan yksinkertaisilla ”puupelloilla” (Siitonen 2001, Kuuluvainen 2009). Muutosten vuoksi lahopuun määrä on vähentynyt metsissämme 90 – 98 % (Siitonen 2001), minkä myötä myös lahopuun laadun monipuolisuus on laskenut (Siitonen ym. 2000, Siitonen 2001). Talousmetsissä puustoa tappavat häiriöt on heikennetty tai kokonaan estetty erilaisilla käsittelyillä puuston tuottavuuden lisäämiseksi (Esseen ym. 1997, Siitonen 2001). Esimerkiksi harvennushakkuut ovat estäneet sukkession alkuvaiheessa tapahtuvan puuston itseharvennuksen (Peet & Christensen 1987, Sturtevant ym. 1997, Äijälä ym. 2014) ja metsien päätehakkuut vanhojen puiden kaatumisen myötä syntyvät latvusaukot (Hansen ym. 1991, Äijälä ym. 2014). Tiheä metsätieverkosto yhdessä tehokkaan metsäpalojen sammutustoiminnan kanssa on estänyt laajat puustoa tappavat metsäpalot (Siitonen ym. 2000). Kun luonnontilaisissa metsissä häiriössä kuollut puusto säilyy alueella, korjataan ja kuljetetaan talousmetsien aukkohakkuilta pois lähestulkoon kaikki puuaines (Siitonen 2001).

Lahopuun määrään vaikuttaa pitkällä aikavälillä puuston kuolleisuuden ja lahoamisnopeuden lisäksi puuston kasvun nopeus, eli kasvupaikan ominaisuudet (Similä & Junninen 2011), jotka voivat vaihdella suuresti eri kasvillisuusvyöhykkeiden ja metsätyyppien välillä (Kunttu ym. 2015), jopa saman metsätyypin sisällä (Spies ym. 1988, Sippola ym. 1998). Kosteille ja ravinteikkaille

kasvupaikoille on ominaista rikas puulajisto, nopea puiden kasvu, mutta myös nopea hajotustoiminta (Kujala 1979, Similä & Junninen 2011), kun taas kuivilla ja vähäravinteisilla kasvupaikoilla puunkasvu ja hajotustoiminta ovat huomattavasti hitaampia (Spies ym. 1988, Sippola ym. 1998, Similä & Junninen 2011).

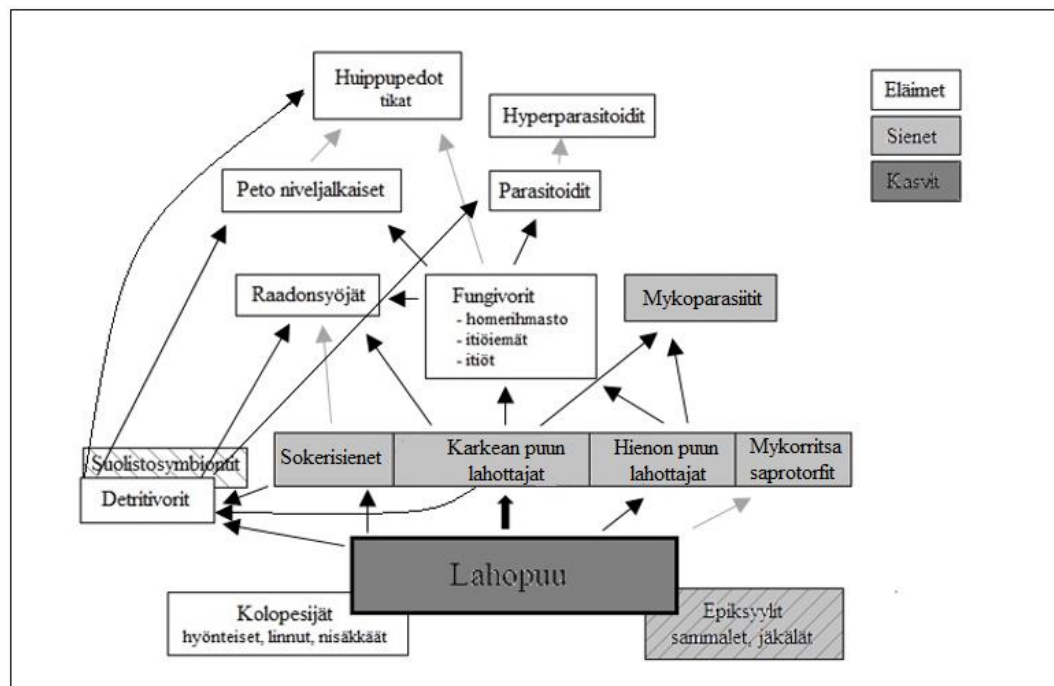
Puun lahoamisnopeuteen vaikuttaa ympäristön olosuhteiden ja lahottajaeliöstön lisäksi itse hajotettava puulaji (Harmon ym. 1986, Harmon ym. 2000, Kruys ym. 2002). Puun runko lahoaa ja maatuu keskimäärin noin sadassa vuodessa (Keto Tokoi & Kuuluvainen 2011), havupuiden hajotus lehtipuiden hajotusta parikymmentä vuotta pidempään. Lahottamisprosessin alkaminen ei kuitenkaan aina vaadi kuollutta puuta, sillä esimerkiksi haavan (*Populus tremula*) sydänpuun lahottaminen voi alkaa haavankäävän (*Phellinus tremulae*) ja haavanarinakäävän (*Phellinus populicola*) toimesta puun ollessa vielä elossa. (Mehtola 2010)

## **1.2. Lahopuusta riippuvaliset eliöt, saproksyytit**

Suomen metsien noin 20 000 – 25 000 lajista saproksyylejä on noin 4000 – 5000, eli 20 – 25 % (Siitonen 2001, Siitonen ja Hanski 2004). Saproksyylliset organismit ovat jossain elämänsä vaiheessa riippuvaisia kuolevasta puusta, lahopuusta, puuta lahottavasta sienestä, tai jostain toisesta lahopuusta riippuvaisesta lajista (Speight 1989) (Kuva 1.).

Kukin saproksyyllilaji on erikoistunut hyödyntämään jotakin lahopuun tarjoamaa habitaattia tai ravintoa, kuten kuorta, nilaa, jälttä, sydänpuuta, koloja tai jonkun toisen saproksyylin rakenteita tai ruumista, kuten sienirihmastoja, itiöitä tai itiöemiä (Siitonen 2001). Kuollutta puuainesta lahottavat sienet muodostavat saproksyylien eliöyhteisön ravintoverkon alimman tason, mahdollistaen muiden lahopuulla elävien lajien ravinnonsaannin joko suoraan hajotetusta puuaineksesta tai

välillisesti sienistä itsestään (Stokland 2012). Lahottajaeliöstö vaihtuu lahoppuulla lahossukcession myötä vaihtuvien olosuhteiden mukana useaan kertaan, ennen kuin puu on kokonaisuudessaan lahotettu (Stokland & Siitonen 2012). Rikkaimmillaan hajottajaeliöstö on lahoamissukcession puolivälissä, jolloin ravinteita on eniten saatavilla (Bader ym. 1995, Junninen ym. 2007, Jönsson ym. 2008, Lindblad 1998, Siitonen ym. 2005, Sippola ym. 2005, Stokland & Kauserud 2004).



**Kuva 1.** Saproksyylisten eliöiden ravintoverkko (Mukailtu teoksesta Biodiversity in Dead Wood. Stokland yms. 2012a, s. 30)

Lahopuusta riippuvaisia eliöitä on bakteereista nisäkkäisiin. Valtaosa lajeista kuuluu sieniin (*Fungi*) (Kotiranta & Niemelä 1996, Kotiranta 1998), kovakuoriaisiin (*Coleoptera*) (Väisänen ym. 1993, Siitonen 1998a, 2001), kaksisiipisiin (*Diptera*) ja pistiäisiin (*Hymenoptera*), sekä sammaliin (*Bryobionta*) ja jäkäliin (*Lichenes*) (Kajava & Silver 2016, Siitonen 2001). Osalla lajeista on hyvinkin tarkat vaatimukset habitaattinsa tai isäntälajinsa suhteen (Martikainen ym. 2000, Similä ym. 2003, Penttilä ym. 2006, Siitonen ym. 2000).



Rikkain lajiryhmä ovat puulla loisivat tai puuainesta lahottavat makrosienet (Taulukko 1.), joita Suomessa tavataan noin 1500 lajia. (Siitonen 2001) Makrosienistä parhaiten tunnettuja ovat taksonomialtaan erilaiset, mutta ekologialtaan samankaltaiset käävät (*Polyporaceae*), jotka tuottavat puiden pinnoille helposti havaittavia itiöemiä, eli kääpiä. (Penttilä ym. 2004) Käävistä valtaosa on lahottajia (207 lajia), pieni osa loisia (36 lajia) ja muutama laji esiintyy sekä kuolleilla että elävillä puilla (20 lajia). Suomen 223 kääpälajista 90 % tavataan havupuilla, joista 87 elää ainoastaan kuusella (*Picea abies*) ja 73 ainoastaan männyllä (*Pinus sylvestris*). Lehtipuilla eläviä lajeja on huomattavasti vähemmän, 106 lajia, joista isäntäspesifejä 23 lajia (Niemelä 2005). Käävistä ensisijaisesti lahopuun vähenemisen vuoksi uhanalaistuneita lajeja on 53 % (Rassi ym. 2010).

**Taulukko 1.** Suomessa tavattavien saproksyylisten lajien arvioidut määrät lajiryhmittäin (Siitonen 2001)

| <b>Ryhmä</b>                      | <b>Lajimäärä</b> |
|-----------------------------------|------------------|
| Makrosienet                       | 1500             |
| Kotelosienet                      | 600              |
| Kantasienet                       |                  |
| Tremellales                       | 65               |
| Kääväkkäät                        | 600              |
| - Käävät                          | 200              |
| - Nahakkaat                       | 330              |
| Agaricales                        | 150              |
| Kupusienet                        | 10               |
| Hyönteiset                        |                  |
| Kovakuoriaiset                    | 800              |
| Kaksisiipiset                     | 500 – 1000       |
| Pistiäiset                        | 500 – 1000       |
| Muut hyönteiset                   | 80               |
| Muut                              |                  |
| Punkit                            | 300              |
| Hämähäkit                         | 5                |
| Valeskorpionit                    | 5                |
| Kaksoisjalkaiset, Juoksujalkaiset | 5                |
| Sukkulamadot                      | >100             |
| Plasmodiolimasienet               | 150              |
| Jäkälät                           | 50               |
| Sammalet                          | 20               |
| Selkärangaiset                    | 35               |
| Yhteensä                          | 4000 – 5000      |

Kääpien lisäksi hyvin tunnettu saproksyyli-ryhmä on kovakuoriaiset, joita tavataan Suomessa noin 800 lajia, 60 eri suvussa (Siitonen 2001). Yli kolmannes kovakuoriaislajeista on lahopuusta tiukasti riippuvaisia (Rassi ym. 2010), saproksyylistä kovakuoriaisista 31 % onkin uhanalaistunut ensisijaisesti lahopuun määrän vähenemisen vuoksi (Rassi ym. 2010). Kovakuoriaisten ja muiden hyönteisten väheneminen on johtanut monien loislajien uhanalaistumiseen, sillä useat loiset ovat isäntäspesifejä (Jonsell 1999, Kenis ym. 2004) ja reagoivat herkästi isäntiensä populaatiokoissa tapahtuviin muutoksiin (Schoener 1989).

Lahopuusta suoraan riippuvaisia selkärankaisia ovat tikat (*Picidae*) (Siitonen 2001), jotka puolestaan ovat tärkeitä lahopuusta välillisesti riippuvaisille kolopesijöille (Keto-Tokoi & Kuuluvainen 2011), kuten tiäisille. Suomen metsissä elävistä 84 lintulajista lahopuuriippuvaisia kolopesijöitä on 24 lajia (Siitonen 2001). Lahopuusta riippuvaisia nisäkkäitä ovat puunkoloissa pesivät liito-orava (*Pteromys volans*) ja eräät lepakot (*Chiroptera*) (Hanski 1998, Siitonen 2001).

### **1.3. Lahopuun diversiteetin vaikutus saproksyyililajiston monimuotoisuuteen**

Lahopuuston diversiteetin katsotaan indikoivan metsän biodiversiteettiä, kuten lahopuusta riippuvaisten eliölajien ja niiden yksilömäärien runsautta (Lassauce ym. 2011, Siitonen 2001), sillä useat saproksyylit ovat elinympäristönsä suhteen vaateliaita, kapean ekolokeron lajeja (Martikainen ym. 2000, Similä ym. 2003, Penttilä ym. 2006, Siitonen ym. 2000). Runsaasti monimuotoista lahopuuta sisältävä metsä tarjoaa paljon erilaisia habitaatteja ja kykenee siten ylläpitämään monimuotoista saproksyyliyhteisöä (Siitonen 2001, Similä ym. 2003, Tikkanen ym. 2006).

Saproksyylien diversiteetti on korkeimmillaan vanhoissa luonnontilaisissa metsissä (Andersson & Hytteborn, 1991, Økland, 1994, Lindblad 1998, Martikainen ym. 2000) ja matalimmillaan intensiivisesti hoidetuissa talousmetsissä (Bader ym. 1995). Eron selittää luonnontilaisten metsien lahopuuston (Siitonen ym. 1995, Bader ym. 1995, Økland ym. 1996, Ohlson ym. 1997, Sippola ym. 2001) runsas määrä ja laatu (Spies ym. 1988, Sippola ym. 1998, Siitonen ym. 2000, Siitonen 2001). Talousmetsät puolestaan pystyvät ylläpitämään vain yleisimpiä lajeja, jotka kykenevät hyödyntämään eläviä puita, kantoja ja hakkuujätettä (Junninen ym. 2006, Penttilä ym. 2004).

Lahottajaeliöstön monimuotoisuus on sidoksissa lahopuun ominaisuuksiin, kuten puulajiin, lahoasteeseen, puun ulkoasuun (pystypuu, pötkelö, maapuu, kanto, jne.), rungon järeyteen ja puun kuolintapaan. Ympäristön olosuhteista, lämpötilalla ja kosteudella on merkittävä vaikutus saproksyylisten eliöiden monimuotoisuuteen (Siitonen 2001). Esimerkiksi puun kuollessa äkillisesti myrskyssä tai metsäpalossa sen ominaisuudet muodostuvat erilaisiksi, kuin puun kuollessa hitaasti esimerkiksi kilpailun, kuivuuden tai vanhuuden myötä (Stokland & Siitonen 2012). Kuivat pystypuut ovat erityisen tärkeitä monille erikoistuneille kovakuoriaisille, sekä päällysvierasjäkelille ja sammalille. Varjossa olevat maapuut puolestaan tarjoavat kosteamman ja viileämmän habitaatin kääväkkäille ja päällysvierassammalille. (Keto-Tokoi & Kuuluvainen 2011)

Saproksyyleille puulajeista tärkeimpiä ovat metsätaloudelle aiemmin arvottomina pidetyt haapa (*P. tremula*) ja raita (*Salix caprea*), sekä maassamme harvinaisemmat jalot lehtipuut. Kuitenkin myös valtapuulajit, erityisesti vanhat ja suuret kuuset ylläpitävät monimuotoista saproksyyliyhteisöä (Meriluoto & Soininen 1998).

Suurilla puilla elää pieniä puita enemmän erikoistuneita, harvinaisia ja uhanalaisia saproksyyililajeja (Kotiranta 1998, Bader ym. 1995, Kruys ym. 1999, Sippola ym. 2001, Siitonen ym. 2001), kuten elinympäristönsä suhteen vaateliaita kääpiä (Nordén ym. 2004), sillä järeämmät, halkaisijaltaan yli 50 cm rungot tarjoavat todennäköisesti enemmän, suurempia ja pitkäkestoisempia habitaattilaikkuja, kuin pienemmät puut (Ylläsjarvi ym. 2011). Suurilla puilla on myös enemmän habitaatteja tarjolla epätasaisemman (Kotiranta 1998) ja hitaamman hajotuksen vuoksi (Renvall 1995). Lisäksi suurilla rungoilla on enemmän ravinteita vaateliaille lajeille (Stokland & Kauserud 2004) ja ne ovat kosteusolosuhteiltaan stabiilimpia, erityisesti kuivina kausina (Kotiranta 1998, Edman ym. 2004, Stokland & Kauserud 2004). Penttilän ym. (2004) tutkimusten mukaan vanhoissa luonnontilaisen kaltaisissa metsissä on keskimäärin 80 % enemmän lajeja kuin vanhoissa talousmetsissä ja 38 % enemmän lajeja, kun yli-ikäisissä talousmetsissä. Eron

selittää lahopuun suuri laadullinen vaihtelu, sekä yksittäisten lahopuiden määrä ja koko.

Saproksyyililajiston monimuotoisuuteen lyhyellä aikavälillä vaikuttaa lahopuiden lahosukcessio ja pitkällä aikavälillä maisematason lahopuujatkumo, eli sopivien isäntäpuiden määrä ja saatavuus ajassa ja paikassa (Siitonen 2001). Koska luonnonmetsissä lahopuuta on jatkuvasti tarjolla, ovat useat vanhojen metsien lajit sopeutuneet lahopuun jatkuvaan saatavuuteen (Jonsson 2000). Tästä syystä monilla lajeilla, kuten käävillä (Penttilä ym. 1999), päällysvierasjäkälillä ja sammalilla (Söderström 1993, Tibell 1992), sekä sienisääskillä (Økland 1994, Økland ym. 1996) on huono levittäytymiskyky (Söderström ym. 1992, Midtgaard ym. 1998, Edman & Jonsson 2001), jolloin lajien populaatiot vaarantuvat helposti lahopuun diversiteetin laskiessa (Esseen ym. 1997, Siitonen 2001). Lahopuun määrän vähetessä yli 90 % todennäköisesti myös yli puolet saproksyyililajeista katoaa alueelta pitkällä aikavälillä. Jos ympäristö vielä samanaikaisesti pirstaloituu, voi lajikato entisestään kiihtyä (Andren 1997).

Lahopuun tilavuudelle on ehdotettu kriittisiä raja-arvoja, joiden alapuolella lahopuuston monimuotoisuus laskee niin paljon, ettei alue enää kykene ylläpitämään kaikkia siellä muutoin eläviä saproksyyililajeja (Rondeux & Sanchez 2009). Ehdotetut raja-arvot vaihtelevat kuitenkin riippuen saproksyyililajista, metsätyypistä ja maantieteellisestä sijainnista (Ranius & Fahrig 2006, Junninen & Komonen 2011). Siitosen ym. (2001) mukaan saproksyyililajiston rikkaus korreloi positiivisesti lahopuun määrän kanssa noin 20 m<sup>3</sup>/ha asti, jonka jälkeen lahopuun lisäyksen vaikutus hidastuu. Uhanalaisia saproksyyililajeja tavataan kuitenkin vain satunnaisesti metsissä, joissa lahopuun tilavuus on alle 20 m<sup>3</sup>/ha. Säännöllisesti uhanalaisia saproksyyililajeja esiintyy vähintään 50 m<sup>3</sup>/ha lahopuuta sisältävissä metsissä. Tosin lahopuulle asetettu yleinen raja-arvo ei täytyessään estä kaikkia alueen saproksyyililajeja uhanalaistumasta (Müller & Bütler 2010), sillä kullakin lajilla on omanlaisensa vaatimukset lahopuun järeyden (Esseen ym. 1992, Siitonen

2001), lahoasteen (Jonsell ym. 1998) ja jatkuvuuden suhteen (Jonsson 2000).

#### **1.4. Indikaattorilajit metsäluonnon monimuotoisuudelle**

Elinympäristönsä suhteen erityisen vaateliaat lajit, eli niin kutsutut indikaattorilajit (Kotiranta & Niemelä 1996), kertovat alueen luonnontilaisuudesta, kuten metsän rakenteesta, lahoppuun määrästä ja laadusta (Martikainen ym. 2000, Similä ym. 2003, Penttilä ym. 2006, Siitonen ym. 2000) ja siten esimerkiksi alueen suojeluarvosta (Siitonen 2001). Elinympäristöään ilmentävän indikaattorilajin tulee olla melko helposti havaittava ja tunnistettava (Niemelä 2005, Siitonen 2012), sekä huomattavasti helpommin havaittava kuin muu sen ilmentämä lajisto, tai metsän piirteistö. Hyvä indikaattorilaji ei myöskään esiinny alueilla joilla sen ilmentämät lajit tai metsän piirteet eivät esiinny (Meriluoto & Soininen 1998).

Pohjoismaissa indikaattorilajeina on käytetty ekologiaaltaan melko hyvin tunnettuja kääpiä (Niemelä 2005, Siitonen 2012). Esimerkiksi pursukääpä (*Amylocystis lapponica*) ja rusokantokääpä (*Fomitopsis rosea*) ovat vanhojen kuusimetsien spesialisteja ja siten hyviä indikaattoreita luonnontilaisille kuusimetsille. Molemmat kääpälajit tuottavat suuria ja helposti tunnistettavia itiöemiä järeiden ja kaarnattomien kuusien pinnoille (Komonen 2001) ja reagoivat herkästi alueella tapahtuviin muutoksiin, kuten hakkuihin (Sippola ym. 2001). Hyviä indikaattoreita ovat myös primaarisista kääpälajeista riippuvaiset sekundaariset kääpälajit, jotka ovat erityisen herkkiä ympäristössään tapahtuville muutoksille ja siten heijastelevat voimakkaasti ympäristönsä tilaa (Komonen ym. 2000).

## **1.5. Lahopuun määrä ja laatu Suomen metsissä**

Lahopuun määrään metsässä vaikuttaa valtapuulajin, maantieteellisen sijainnin, kasvupaikan ominaisuuksien ja häiriöiden lisäksi myös metsänkäytön historia (Siitonen 2001). Koska lahopuusto uudistuu hitaasti, eikä kovin moni metsä Etelä- ja Keski-Suomessa ole välttynyt valikoivilta hakkuilta (esim. tarvehakkuut) tai kasken- ja tervanpoltolta, historiallinen metsienkäyttö näkyy edelleen maamme metsissä (Penttilä ym. 2004, Bader ym. 1995, Siitonen ym. 2000, Sippola ym. 2001). Myös metsäpalojen torjunta on voinut vaikuttaa metsiemme rakenteisiin ja puulajisuhteisiin, lisäten puuston tiheyttä ja kuusten määrää (Rouvinen & Kouki 2002). Metsäpalojen torjunta on voinut mahdollisesti myös nostaa lahopuun osuuden luonnonsuojelualueilla luontaista korkeammaksi (Linder 1998).

Useat tutkimukset ovat selvittäneet lahopuun määrän ja laadun vaihteluja eri-ikäisissä luonnon- ja talousmetsissä (Sippola ym. 1998, Kumpulainen & Veteläinen 2000, Rouvinen & Kuuluvainen 2001, Siitonen 1994, Siitonen & Saaristo 2000, Siitonen ym. 2000, Siitonen ym. 2001, Sippola ym. 2001), mutta kaupunkimetsien lahopuun diversiteetistä ei vielä ole julkaistuja tutkimuksia. Tästä syystä tässä tutkimuksessa kaupunkimetsät vertautuvat talousmetsiin, sillä kaupunkimetsiä käsitellään pitkälti samoin kuin talousmetsiä.

### **1.5.1. Lahopuun määrä ja laatu luonnontilaisen kaltaisissa metsissä**

Luonnontilaisen kaltaisissa boreaalisissa metsissä lahopuuston osuus on noin kolmannes tai neljännes koko puuston tilavuudesta (Virkkala & Toivonen 1999, Siitonen 2001). Lahopuun keskimääräinen tilavuus vaihtelee Etelä- ja Keski-Suomessa 60–90 m<sup>3</sup> hehtaarilla. Lapin kituliaissa tunturimetsissä lahopuuta on

keskimäärin vain 20 m<sup>3</sup>/ha, mutta Etelä-Suomen rehevissä metsissä jopa 120 m<sup>3</sup>/ha ja tuulituhoalueilla vieläkin enemmän (Siitonen 2001).

Vanhoissa luonnonmetsissä voi hakkuukypsiin talousmetsiin verrattuna olla kymmeniä kertoja enemmän joitakin lahoppuoluokkia. Esimerkiksi 25 kertaa enemmän suuria, läpimitaltaan yli 40 cm havupuita ja jopa 35 kertaa enemmän suuria, läpimitaltaan yli 30 cm lehtipuita, eri lahoasteissa (Siitonen ym. 2000). Luonnonmetsissä lahoppuuta on myös useammissa eri ulkoasuissa kuin talousmetsissä, johtuen monipuolisemmasta puulajistosta. Kuuset kaatuvat myrskytuulissa maahan juuripaakun kanssa, kun taas männyt useammin kuolevat pystyyn muodostaen keloja ja lehtipuut katkeavat keskeltä runkoa. (Siitonen ym. 2000)

### **1.5.2. Lahoppuun määrä ja laatu talousmetsissä**

Talousmetsissä on niukasti suurikokoista ja vanhaa puustoa, johtuen talousmetsien lyhyestä hakkuukierrosta. Kun puusto hakataan keskimäärin 60 vuoden iässä (Äijälä ym. 2014), ei metsiin ehdi kehittyä suurikokoista puustoa, eikä siten suurikokoista lahoppuuta, ellei niitä säästöpuina jätetä. Metsienkäsittelytoimien vuoksi valtaosa talousmetsien lahoppuustosta onkin hakkuutähteitä ja kantoja, ja vain 8 % suurta lahoppuuta. (Siitonen ym. 2000)

Lahoppuun määrä Suomen metsissä on ollut laskusuuntainen koko lahoppuun inventointihistorian ajan (1996–2018). Vaikka Etelä-Suomessa lahoppuun määrä on noussut ensimmäisen inventoinnin (VMI 9.) 3,3 kuutiosta hehtaarilla noin kuution verran (VMI 11.) on Pohjois-Suomessa lahoppuun määrä laskenut 9,0 kuutiosta hehtaarilla (VMI 9.) lähes kahden kuution verran 7,3 m<sup>3</sup>/ha (VMI 11.). Tämä näkyykin koko maan lahoppuun keskimääräisessä tilavuudessa, joka on vain 5,7 m<sup>3</sup>/hehtaarilla (Luke 2017).



## **1.6. Kaupunkimetsien lahoppuusto**

Kun vielä muutama vuosikymmen sitten kaupunkimetsistä, eli asutuksen keskellä tai läheisyydessä sijaitsevista metsistä haettiin pääasiassa aineellisia hyötyjä, kuten poltto-, rakennus- ja myyntipuuta, haetaan niistä nykyisin yhä enenevässä määrin aineettomia hyötyjä, kuten virkistymistä (Hamberg ym. 2012a, Hamberg ym. 2012b). Virkistymisympäristöinä kaupunkilaiset kuitenkin suosivat turvallisiksi koettuja, rakenteeltaan harvoja, hyvän näkyvyyden mahdollistavia metsiä (Hamberg ym. 2012b, Siitonen ja Hamberg 2012). Kaupunkimetsien avarana ja ”siistinä” pito onkin vähentänyt erityisesti lahoppuun määrää ja siten osaltaan voimistanut urbaanien alueiden biodiversiteetin köyhtymistä (Siitonen ja Hamberg 2012). Kuitenkin kaupunkimetsien käytön muuttuminen ja tietoisuuden kasvaminen lahoppuun tärkeydestä biodiversiteetille mahdollistaakin lahoppuun määrän lisäyksen ja siten biodiversiteetin suojelun kaupunkimetsissä (Hamberg ym. 2012a).

## **1.7. Lahden kaupungin metsät**

Hyvän metsänkasvun ja vähäisten hakkuiden vuoksi Lahden metsät kasvat enemmän kuin niitä hakataan. Varttuneiden kuusivaltaisten metsien (keski-ikä noin 62 vuotta) osuus onkin Lahdessa suuri. (Lahden kaupunki 2014) Tämä johtuu pääsääntöisesti hakkuiden ulkopuolelle vuodesta 1995 lähtien jätetyistä luonnon monimuotoisuutta lisäävistä LUMO-kohteista (Riihelä 2018), sekä kaupunkimetsien hakkuukierron tarkoituksellisesta pidentämisestä (Lahden kaupunki 2014). LUMO-metsissä suojellaan harvinaisia kasvi- ja eläinlajeja (Lahden kaupunki 2013) ja siksi ne ovat pääsääntöisesti jätetty metsienkäsittelytoimien ulkopuolelle, lukuun ottamatta ulkoilijoille vaarallisten puiden poistoa tai kaatoa maapuiksi (Lahden kaupunki 2014).

Lahden kaupungin metsiä ei hakata taloudellisen tuoton saamiseksi, vaan hakkuutuloilla pyritään kattamaan metsien hoidosta aiheutuneet kustannukset. Metsien hoidon tavoitteena on ylläpitää metsien soveltuvuutta virkistyskäyttöön, eli ylläpitää maiseman kauneus, metsien helppokulkuisuus ja turvallisuus. Hoitotoimenpiteillä turvataan myös metsien puuston elinvoimaisuus, uudistumiskyky ja kestävyys. Hakkuissa huomioidaan myös metsien käyttö tuuli-, pöly-, näkö- ja melusuojana, sekä pyritään turvaamaan luonnon monimuotoisuus niin maisemallisesti, toiminnallisesti kuin lajisto- ja luontotyypillisesti. (Lahden kaupunki 2014)

Kaupungin metsäkuvioita hoidetaan 10–20 vuoden välein (Hamberg ym. 2012a) harvennushakkuilla ja pienialaisilla avohakkuilla, sekä pienpuustoraivauksilla, jossa vesakkoa, sekä puu- ja pensaskerrastoa harvennetaan. Lisäksi energiapuuta kerätään yksistään tai muiden hakkuiden yhteydessä. Vanhojen kuusimetsien ikä- ja lajirakennetta monipuolistetaan suuntaamalla niiden kehitystä sekametsiksi. (Lahden kaupunki 2014)

Kaupungin omistamissa metsissä pyritään myös lisäämään lahopuun määrää. Vanhat puut, lahot ja kuorettomat kuuset (jotka eivät enää ole lisääntymispaikkoja tuhohyönteisille), pötkelöt, laho-, kolo- ja maapuut pyritään jättämään metsiin, elleivät ne haittaa maisemaa tai uhkaa metsissä liikkujien turvallisuutta. Pystyyn kuolleet puut voidaan myös kaataa maapuiksi ja maapuita siirtää alueelta toiselle. (Lahden kaupunki 2014)

## **1.8. Työn tarkoitus**

Tämän työn tarkoitus on vertailla lahopuuston diversiteettiä, eli määrää ja laatua kolmessa metsäluokassa: hoidetuissa ja hoitamattomissa kaupunkimetsissä, sekä luonnontilaisen kaltaisissa metsissä.

Hoidettuja kaupunkimetsiä edustaa Lahden kaupungin viherohjelman mukaan hoidetut kaupunkimetsät, hoitamattomia metsiä Lahden kaupungin LUMO-metsät, eli luonnon monimuotoisuutta tukevat kaupunkimetsät ja luonnontilaisen kaltaisia metsiä Natura 2000 -metsät eri puolilla Päijät-Hämettä.

Tutkimushypoteesina on, että lahoppuun määrä ja laatu ovat alhaisimmillaan hoidetuissa kaupunkimetsissä, keskimääräisiä hoitamattomissa kaupunkimetsissä ja korkeimmillaan luonnontilaisen kaltaisissa metsissä.

## **2. Aineisto ja menetelmät**

### **2.1. Tutkimusalue**

Lahden kaupunki sijaitsee Etelä-Suomessa Päijät-Hämeen maakunnassa. Salpausselän reunamuodostuma, Porvoonjoen uoman alavat maat ja Vesijärven läheisyys muodostavat kaupunkiin vaihtelevan ja monimuotoisen maiseman. Ravinteikkaan ja paikoin emäksisen maaperän, sekä suotuisan pienilmaston vuoksi alueen kasvillisuus on tavanomaista rehevää ja monimuotoista (Lahden kaupunki 2014). Lahti kuuluuikin Etelä-Hämeen lehtokeskukseen ja on osa ns. vuokkovyöhykettä (Lahden viheralueohjelma 2013).

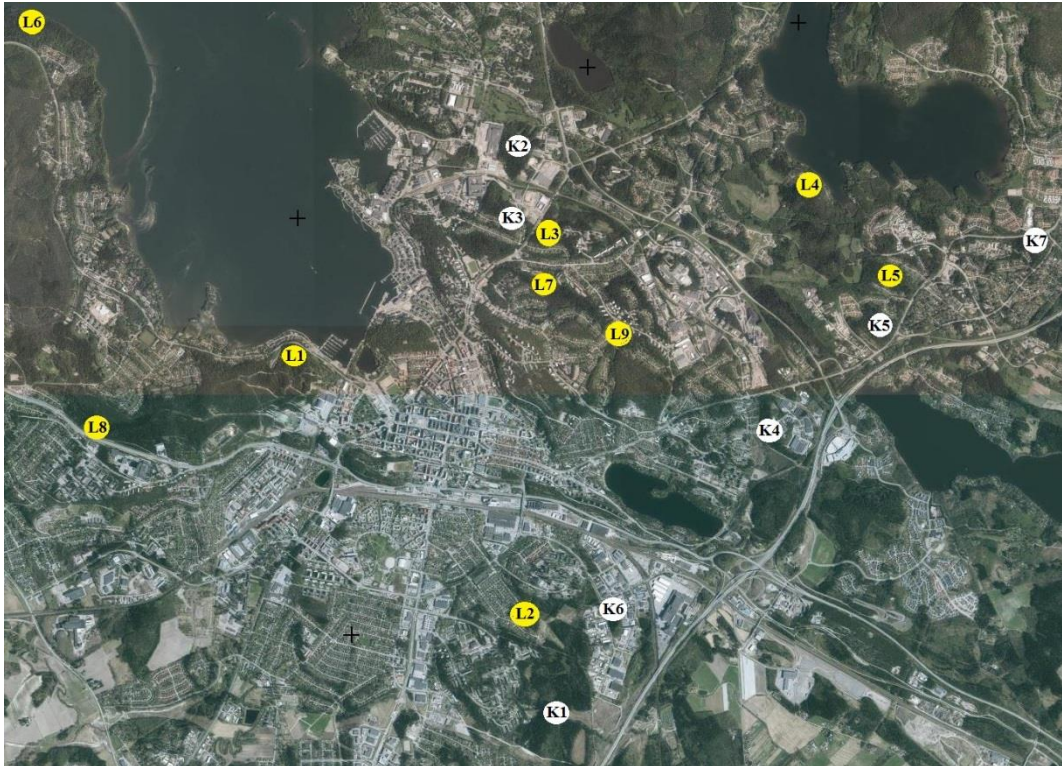
### **2.2. Otanta**

Tutkimuksen kohteeksi valittiin kuusivaltaisia, mahdollisimman vanhoja metsiä, sillä vanhat ja suuret kuuset ylläpitävät monimuotoista saproksyyliyhteisöä (Meriluoto & Soininen 1998). Vaikka kuusi on maamme toiseksi yleisin puulaji, on sillä elävistä saproksyyleistä yli 100 lajia arvioitavana Suomen punaisessa kirjassa

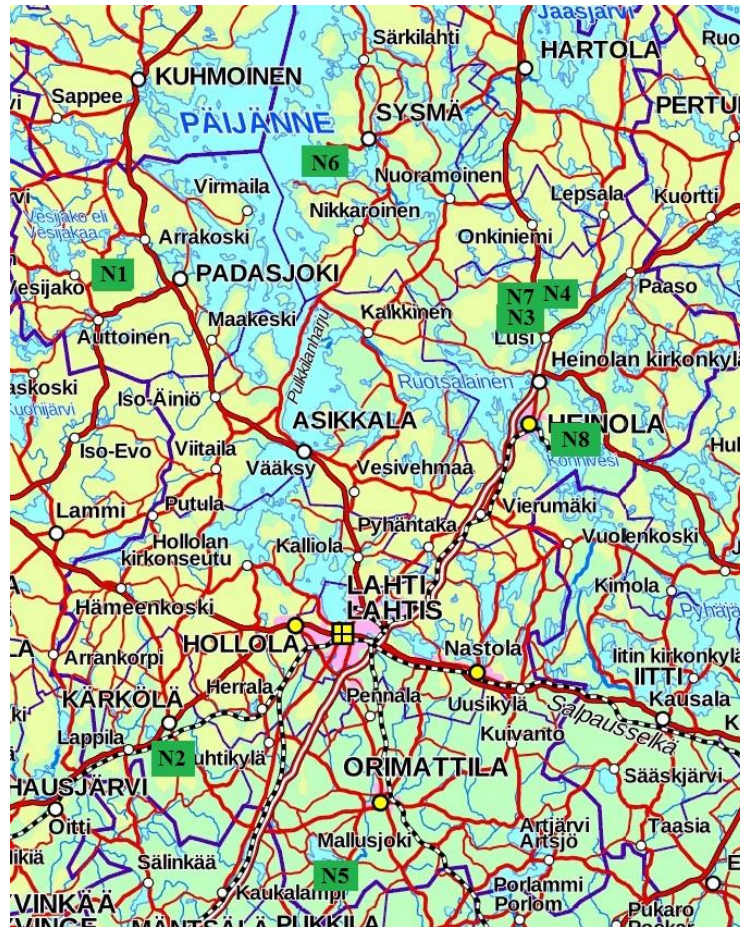
(Siitonen 2001). Lahden kaupungin omistamissa metsissä puuston hakkuukierron pidentäminen on johtanut metsien kuusettumiseen ja puuston keski-ikä kasvuu (Lahden kaupunki 2014), Lahdessa onkin runsaasti tutkimukseen sopivia, hakkuuikä ylittäneitä kuusivaltaisia metsiä.

Tutkimukseen sopivat vanhat kuusivaltaiset metsät valittiin olemassa olevien kartoitustietojen (ikä rakenne ja metsätyyppi), ilmakuvien ja maastokäyntien perusteella. Sopivista tutkimuskohteista valittiin satunnaisesti yhteensä 24 kohdetta (Liite 1.) kolmesta eri metsäluokasta: Lahdesta (Kuva 2.) (i) hoidetut kaupunkimetsät (N = 7) ja (ii) hoitamattomat LUMO-kaupunkimetsät (N = 9), sekä (iii) luonnontilaisen kaltaiset Natura 2000 -metsät (N = 8) Päijät-Hämeestä (N = 7) ja Uudeltamaalta (N = 1) (Kuva 3.). Kaupunkimetsissä puuston ikä vaihteli 51 – 120 vuoden välillä (Hattunen 2018a) ja luonnontilaisen kaltaisissa metsissä 100 – 150 vuoden välillä (Heinänen 2018). Kaikki kohteet olivat metsätyypiltään MT (mustikkatyyppi), OMT (käenkaalimustikkatyyppi), näiden sekoitus, tai hieman lehtoinen OMT. Metsien koko vaihteli 1,9 ja 287 hehtaarin välillä, kuitenkin niin, että useimmat kohteista olivat muutamien kymmenien hehtaarien kokoisia. Maastotyöt (ks. alla) toteutettiin aikavälillä 30.6 – 3.8.2018.

Elävä ja kuollut puusto mitattiin pitkänomaisilta ruutukoealoilta eli transekteilta. Transekti (ala 0,2 ha,  $20 \times 100$  m) koostui yhteensä viidestä  $20 \times 20$  m ruudusta. Koeruudut pyrittiin sijoittamaan maastossa yhtenäisenä suorakaiteena, mutta maastonmuotojen ja metsätyypin estäessä tämän, ruutuja asetettiin osittain myös vierekkäin.



**Kuva 2.** Hoidetut kaupunkimetsät (valkoiset ympyrät K1 – K7) ja hoitamattomat kaupunkimetsät (keltaiset ympyrät L1 – L9) Lahden kaupungin alueella.



**Kuva 3.** Luonnontilaisen kaltaiset metsät (vihreät ruudut N1 – N8) Päijät-Hämeessä ja Uudellamaalla.

### 2.3. Puustonmittausmenetelmät

Tutkimuskohteiden kuolleen ja elävän puuston määrä ja laatu mitattiin Luonnonvarakeskuksen puustonmittausohjeiden mukaisesti (Liitteet 2a ja 2b). Mittausvälineinä olivat mittasakset, rullamitta ja puukko.

### **2.3.1. Elävä puusto**

Elävään puustoon laskettiin kuuluviksi kaikki elävät puut joiden läpimitta rinnankorkeudelta (130 cm) oli vähintään 4,5 cm. Läpimitta mitattiin yhden millimetrin tarkkuudella, puiden pituutta ei mitattu. Puita mitattiin koealalta sadanteen puuhun asti, eli puuston runsaudesta riippuen joko koko koealalta tai vain osalta ruutuja. Sadannen puun ruudulta mittausta ei jätetty kesken, vaan puusto mitattiin ruudulta loppuun saakka. Jos elävä puusto mitattiin vain osalta ruutuja, oli ruutujen mittausjärjestys 1, 3, 5 ja 2 tai 4. Useimmiten koealalta mitattiin elävät puut kaikilta ruuduilta, mutta muutamassa runsaspuustoisessa kohteessa vain kahdelta ruudulta.

### **2.3.2. Lahopuusto**

Lahopuusto luokiteltiin ja mitattiin aina kaikilta viideltä transektin ruudulta Lahopuuston laatuluokitus ja mittausohjeen (vuoden 2010 versio) mukaan (Liitteet 2a ja 2b). Lahopuiksi luettiin rinnankorkeudeltaan vähintään 9,5 cm läpimitaltaan olevat kokonaiset pystyyn kuolleet puut, katkenneet tai kaadetut kaksiosaiset puut ja irralliset kuolleet puunosat, joiden pituus oli vähintään 1,3 m, sekä alle 1,3 m korkeat kannot. Lahopuut luokiteltiin niiden ulkoasun mukaan 15 luokkaan (Liite 2a.). Lahopuiden läpimitat mitattiin millimetrin ja pituudet senttimetrin tarkkuudella. Kaikilta lahopuilta mitattiin halkaisija, mutta kokonaisilta puilta ei mitattu pituutta. Mittaamatta jätettiin kaatuneet puut tai puunosat, joiden alkupää oli transektin ulkopuolella. Vastaavasti kaatuneet puut tai puunosat, joiden alkupää oli transektin sisällä, mitattiin. Koealan reunalinjalle sijoittuneet pystypuut ja kannot mitattiin, jos valtaosa lahopuun pinta-alasta oli koealan sisäpuolella.

Lahopuut luokiteltiin lisäksi lahoasteen mukaan 7 luokkaan (Liite 2b.). Lahoaste määritettiin puukonterän uppoamissyvyyden perusteella puuainekseen. Jos lahoaste

vaihteli suuresti puun eri osien välillä, kirjattiin lahoasteeksi keskimääräinen lahoaste.

## **2.4. Puuston määrän, laadun ja diversiteetin laskenta**

### **2.4.1. Puusto**

Elävän ja kuolleen puuston tilavuudet laskettiin koepuiden avulla Koealojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelmalla KPL:llä (ohjelmaversio kp775.exe). Kohdekohtaiset puustotunnukset laskettiin pääasiassa tilasto-ohjelma SPSS:n syntaxeilla, pieni osa elävien puiden tunnuksista KP7ALAT -ohjelmalla. Puustolaskut suoritti Auli Immonen Luonnonvarakeskuksesta.

*Elävän puuston diversiteetti* laskettiin puulajien (raudus- ja hieskoivu yhdistettyinä) ja läpimittaluokkien muodostamien kombinaatioiden lukumääränä. *Lahopuuston diversiteetti* laskettiin puulajien (raudus- ja hieskoivu yhdistettyinä), ulkoasujen, lahoasteiden ja läpimittaluokkien muodostamien kombinaatioiden lukumääränä. Ulkoasut jaoteltiin kolmeen luokkaan: kuolleet pystypuut, pökkelöt ja tekopökkelöt, sekä maapuut (mukaan lukien pökkelöiden maapuuosat, juurineen kaatuneet tai katkenneet maapuut sekä pöllit, hakkuutähdelatvukset ja kokonaisten kaadettujen puiden maapuuosat). Hyvin pitkälle lahonneiden (lahoaste 5) lahopuiden ja niiden osien tilavuudesta mukaan laskettiin vain 50 % ja hyvin pitkälle lahonneiden kantojen tilavuudesta 33 %, sillä puun alkuperäisestä tilavuudesta vain pieni osa on enää jäljellä. Kantojen tilavuus laskettiin lieriön kaavalla.



### 2.4.2. Koepuut

Koska kokonaisten (elävien ja kuolleiden) puiden pituutta ei mitattu, puuston tilavuuden laskentaan tarvittiin pituuskoepuut, eli puut joiden läpimitta ja pituus tunnetaan. Koealoilta ei kuitenkaan erikseen mitattu pituuskoepuita, vaan laskennassa tarvittavana koepuuaineistona käytettiin Luonnonvarakeskuksessa jo olemassa olevaa aineistoa. Sopiva koepuuaineisto valittiin kohteiden sijainnin, kasvillisuusvyöhykkeen, metsätyypin ja metsänkäsittelyn perusteella. Metsienkäsittelyn osalta kaupunkimetsien katsottiin vastaavan talousmetsiä ja luonnontilaisen kaltaisten metsien luonnontilaisia metsiä.

Koepuustona kaupunkimetsille käytettiin Lounais-Suomessa vuonna 2003 mitattua aineistoa. Aineistoon kuului yhteensä 463, joista 213 puuta OMT-kohteissa ja 250 puuta MT-kohteissa. Koska Lounais-Suomessa lehtipuulajeista oli mitattu vain koivu, haapa, sekä harmaa- ja tervaleppä, aineistoa oli myöhemmin täydennetty Helsingin kaupunkimetsissä vuosina 2012–2013 tehtyjen mittausten (46 pihlajan ja 42 raidan) avulla. Luonnontilaisen kaltaisille metsille koepuustona käytettiin Uudellamaalla ja Hämeessä vuosina 2009–2010 METSO -kohteille mitattua 451 puun koeaineistoa.

### 2.5. Kääpien indikaattorilajit

Tähän tutkimukseen valittiin Niemelän (2016) mukaan 14 vanhoissa kuusivaltaisissa metsissä ja aarniometsissä esiintyvää kääpälajia. Koska kenttätyöt tehtiin kesällä, eikä kääpien sesonkiaikaan myöhäissyksyllä, valittiin indikaattorilajeiksi sellaisia kääpälajeja, jotka todennäköisimmin ovat helposti tunnistettavissa kuolleista tai vanhoista yksilöistä. Valitut indikaattorikääpälajit olivat: rusokantokääpä (*F. rosea*), pihkakääpä (*Pelloporus leporinus*),

kuusenkääpä /siperiankääpä (*Phellinus chrysoloma/Phellinus abietis*), ruostekääpä (*Phellinus ferrugineofuscus*), pikireunakääpä (*Phellinus lundellii*), aarnikääpä (*Phellinus nigrolimitatus*), riukukääpä (*Phellinus viticola*), rusokääpä (*Pycnoporellus fulgens*), pursukääpä (*A. lapponica*), sitruunakääpä (*Antrodiella citrinella*), lohkokääpä (*Diplomitoporus crustulinus*), männynkääpä (*Phellinus pini*) ja karhunkääpä (*Phaeolus schweinitzii*) (Niemelä 2016).

Kääpiä ei varsinaisesti etsitty koealoilta, vaan puustomittausten ohessa havaitut indikaattorikäävät kirjattiin ja valokuvattiin. Usean itiöemän esiintymä yhdellä puulla laskettiin yhdeksi havainnoksi.

## **2.6. Tilastolliset analyysit**

R –tilasto-ohjelmistossa monen muuttujan MANOVA-varianssianalyysillä testattiin, oliko muuttujien sisällä tilastollisesti merkitsevää vaihtelua eri metsäluokkien välillä ja yksisuuntaisella Post hoc -varianssianalyysillä testattiin metsäluokkien erot kunkin muuttujan suhteen.

## **3. Tulokset**

### **3.1. Elävä puusto**

Elävien puiden lukumäärä, pohjapinta-ala, puuston tilavuus tai diversiteetti eivät eronneet merkitsevästi metsäluokkien, eli hoidettujen ja hoitamattomien kaupunkimetsien ja luonnontilaisen kaltaisten metsien välillä (Taulukko 2.). Hoidetuissa kaupunkimetsissä puuston tilavuus oli keskimäärin 394,46 m<sup>3</sup>/ha, hoitamattomissa kaupunkimetsissä 403,75 m<sup>3</sup>/ha ja luonnontilaisen kaltaisissa

metsissä 368,56 m<sup>3</sup>/ha. Metsäluokat erosivat kuitenkin merkitsevästi toisistaan puulajisuhteissa ja puiden rungon läpimitan mukaan.

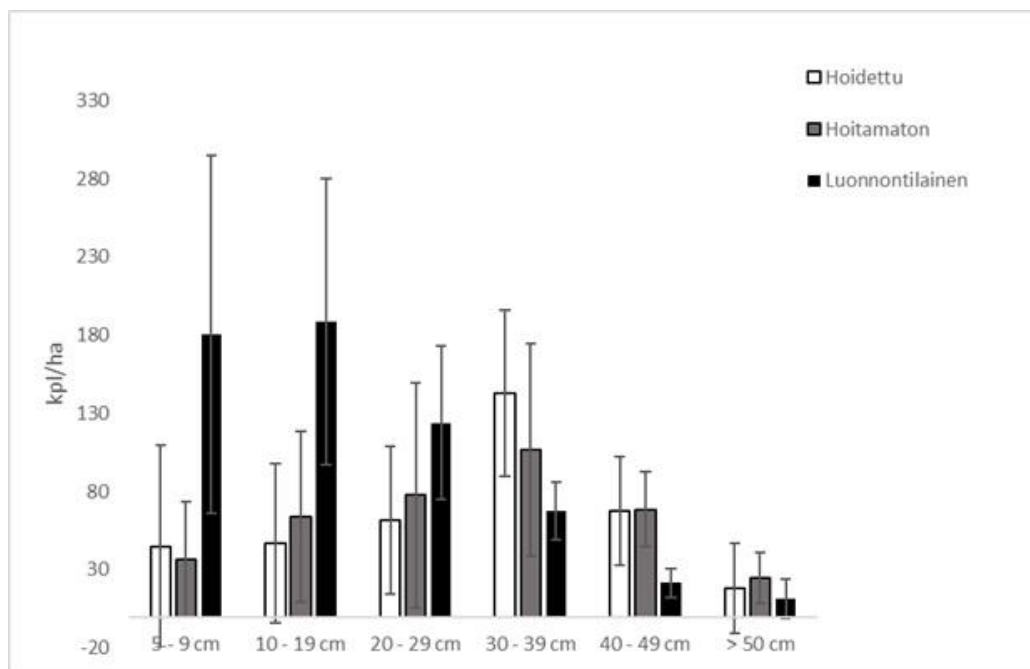
Valtapuulaji kuusen tilavuus oli suurin, noin 355 m<sup>3</sup>/ha hoidetuissa kaupunkimetsissä ja hoitamattomissa kaupunkimetsissä ja pienin luonnontilaisen kaltaisissa metsissä 240,65 m<sup>3</sup>/ha. Päinvastoin männyn ja koivujen tilavuus oli suurimmillaan luonnontilaisen kaltaisissa metsissä ja pienimmillään hoitamattomissa ja hoidetuissa kaupunkimetsissä.

**Taulukko 2.** Elävän puuston runkoluku, kokonaistilavuus, diversiteetti, tilavuus puulajeittain ja puulajien lukumäärä eri läpimittaluokissa hoidetuissa ja hoitamattomissa kaupunkimetsissä, sekä luonnontilaisen kaltaisissa metsissä. Sulkeissa vaihteluväli ja tummennettuna tilastollisesti merkitsevä p-arvo ( $p < 0,05$ ).  
\* Kertoo luonnontilaisten metsien eroavan tilastollisesti merkitsevästi hoidetuista kaupunkimetsistä.

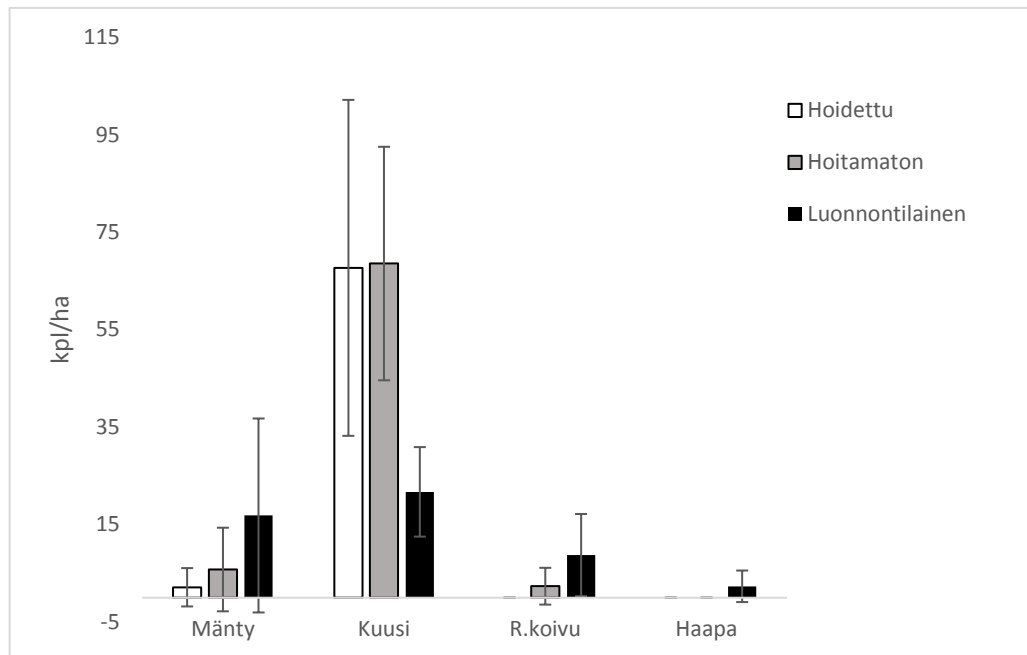
|   | Hoidetut                  | Hoitamattomat             | Luonnon-tilaiset          | p -arvo       |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| <b>Elävän puuston luku, tilavuus ja diversiteetti</b> |                           |                           |                           |               |
| Runkoluku, kpl/ha                                     | 565<br>(280-825)          | 690<br>(345-1263)         | 745<br>(495-1069)         | 0.3787        |
| Pohja-pinta-ala, m <sup>2</sup> /ha                   | 35,56<br>(21,03-53,82)    | 36,64<br>(20,63-49,72)    | 31,88<br>(25,19-41,08)    | 0.5715        |
| Kokonaistilavuus, m <sup>3</sup> /ha                  | 394,46<br>(236,24-582,26) | 403,75<br>(197,69-572,48) | 368,56<br>(310,91-471,56) | 0.7861        |
| Diversiteetti   | 12<br>(5-16)              | 13<br>(9-21)              | 14<br>(11-16)             | 0.5643        |
| <b>Elävän puuston tilavuus puulajeittain</b>          |                           |                           |                           |               |
| Kuusi, m <sup>3</sup> /ha                             | 359,52<br>(215,25-537,31) | 351,50<br>(139,35-558,97) | 240,65<br>(211,82-294,41) | <b>0.0365</b> |
| Mänty, m <sup>3</sup> /ha                             | 12,80<br>(0-34,49)        | 20,39<br>(0-99,23)        | 68,17 *<br>(0-191,70)     | <b>0.0287</b> |
| Koivut, m <sup>3</sup> /ha                            | 9,58<br>(0-30,54)         | 11,46<br>(0-57,23)        | 50,12<br>(1,37-136,75)    | <b>0.0406</b> |
| Haapa, m <sup>3</sup> /ha                             | 5,86<br>(32,554)          | 10,75<br>(0-66,09)        | 9,34<br>(0-21,22)         | 0.8371        |

|  |                   |                      |                  |        |
|--|-------------------|----------------------|------------------|--------|
| Harmaa-leppä,<br>m <sup>3</sup> /ha      | 0,42<br>(0-2,70)  | 1,21<br>(0-8,63)     | 0,12<br>(0-0,87) | 0.4618 |
| Muut<br>lehtipuut,<br>m <sup>3</sup> /ha | 6,29<br>(0-20,99) | 8,44<br>(0,87-32,45) | 0,16<br>(0-0,90) | 0.1097 |

Läpimittaluokittain (Liite 3.) tarkasteltuna luonnontilaisen kaltaisissa metsissä pienten, alle 30 cm kuusten (Kuva 4.) lukumäärä oli suurin ja suurten, yli 30 cm pienin. Järeiden, läpimitaltaan yli 50 cm kuusten lukumäärä ei vaihdellut merkitsevästi eri metsäluokkien välillä. Lehtipuista (Kuva 5.) suuria 30–49 cm rauduskoivuja ja 40–49 cm haapoja oli runsaiten luonnontilaisen kaltaisissa metsissä, eikä kaupunkimetsissä mitattu lainkaan järeitä, yli 50 cm rauduskoivuja tai yli 40 cm haapoja.



**Kuva 4.** Kuusien runkoluku hehtaarilla läpimittaluokittain eri metsäluokissa. Pylväät kuvaavat keskiarvoja ja virhepalkin viivat vaihteluvälejä.



**Kuva 5.** Suurien, läpimitaltaan 40–49 cm puiden lukumäärä hehtaarilla eri metsäluokissa. Pylväät kuvaavat keskiarvoja ja virhepalkin viivat vaihteluvälejä.

### 3.2. Lahopuuston tilavuus ja laatu

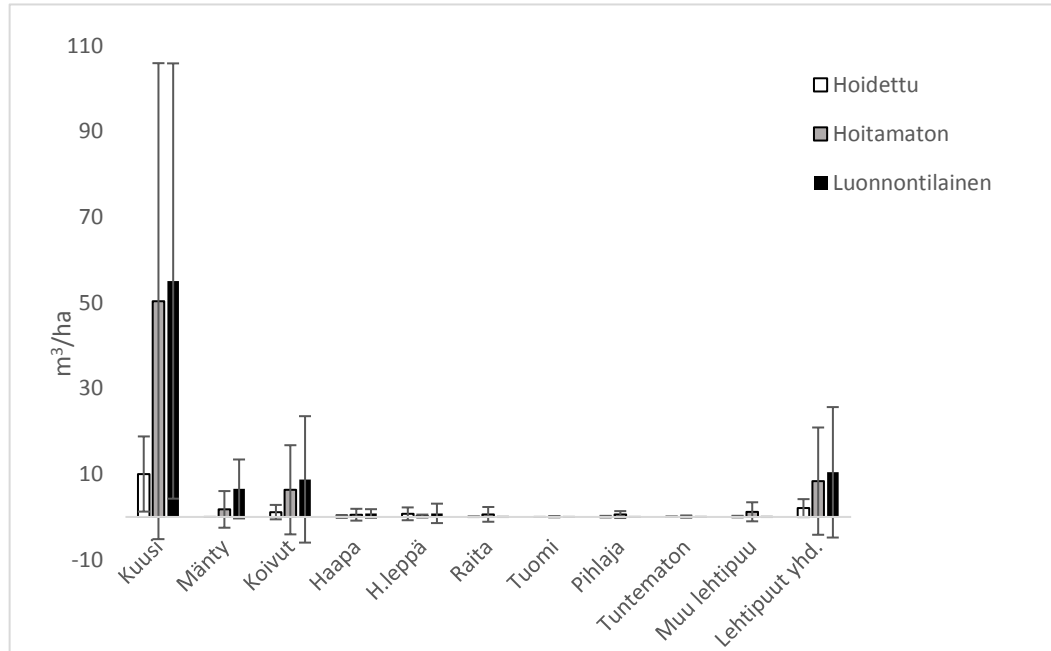
Lahopuiden ja lahopuun kappaleiden lukumäärä ja tilavuus, sekä diversiteetti erosivat merkittävästi eri metsäluokkien välillä (Taulukko 3.). Lahopuiden ja lahopuukappaleiden määrä oli pienin hoidetuissa kaupunkimetsissä, noin kolme kertaa suurempi hoitamattomissa kaupunkimetsissä ja noin viisinkertainen luonnontilaisen kaltaisissa metsissä. Lahopuuston kokonaistilavuus oli samoin pienimmillään hoidetuissa kaupunkimetsissä 12 m<sup>3</sup>/ha, keskiverto hoitamattomissa kaupunkimetsissä 60 m<sup>3</sup>/ha ja suurimmillaan luonnontilaisen kaltaisissa metsissä 72 m<sup>3</sup>/ha. Suurin yksittäinen lahopuun tilavuus mitattiin luonnontilaisen kaltaisessa metsässä (N2; 181,85 m<sup>3</sup>/ha) ja pienin hoidetussa kaupunkimetsässä (K6; 1,69 m<sup>3</sup>/ha).

**Taulukko 3.** Lahopuuston runkoluku, kokonaistilavuus, tilavuus puulajeittain ja tilavuuden jakaantuminen ulkoasuittain hoidetuissa ja hoitamattomissa kaupunkimetsissä, sekä luonnontilaisen kaltaisissa metsissä. Sulkeissa vaihteluväli ja tummennettuna tilastollisesti merkitsevä p-arvo ( $p < 0,05$ ). \* Kertoo luonnontilaisten metsien eroavan tilastollisesti merkitsevästi hoidetuista kaupunkimetsistä.

|   | <b>Hoidetut</b> | <b>Hoitamattomat</b> | <b>Luonnon-<br/>tilaiset</b> | <b>p -arvo</b> |
|---|-----------------|----------------------|------------------------------|----------------|
| <b>Lahopuun luku ja tilavuus</b>                          |                 |                      |                              |                |
| Lahopuusto  | 39              | 130                  | 201 *                        | <b>0.00322</b> |
| kpl/ha  | (10-65)         | (45-245)             | (75-400)                     |                |
| Lahopuusto  | 12,09           | 60,50                | 72,03 *                      | <b>0.03113</b> |
| m <sup>3</sup> /ha  | (1,69-25,19)    | (12,13-181,25)       | (27,39-181,85)               |                |
| Diversiteetti   | 7               | 16                   | 21 *                         | <b>0.00016</b> |
|   | (3-12)          | (8-27)               | (9-26)                       |                |
| <b>Lahopuuston tilavuus puulajeittain</b>                 |                 |                      |                              |                |
| Kuusi, m <sup>3</sup> /ha                                 | 10,02           | 50,37                | 55,07                        | 0.1351         |
|   | (1,22-20,42)    | (4,82-179,79)        | (19,01-177,16)               |                |
| Mänty, m <sup>3</sup> /ha                                 | 0               | 1,76                 | 6,54 *                       | <b>0.037</b>   |
|   |                 | (0-13,08)            | (0-18,04)                    |                |
| Koivut, m <sup>3</sup> /ha                                | 1,12            | 6,34                 | 8,77                         | 0.3908         |
|   | (0-3,74)        | (0-29,24)            | (0-43,89)                    |                |
| Haapa, m <sup>3</sup> /ha                                 | 0,13            | 0,52                 | 0,81                         | 0.4622         |
|   | (0-0,88)        | (0-4,17)             | (0-2,54)                     |                |
| Muut lehtipuut, m <sup>3</sup> /ha                        | 0,08            | 1,20                 | 0,1                          | 0.1606         |
|   | (0-0,49)        | (0-6,88)             | (0-0,08)                     |                |
| <b>Lahopuuston tilavuuden jakaantuminen ulkoasuittain</b> |                 |                      |                              |                |
| Pystypuut, m <sup>3</sup> /ha                             | 6,79            | 25,67                | 15,24                        | 0.1995         |
|   | (0-19,50)       | (5,34-102,13)        | (2,40-38,79)                 |                |
| Pökkelöt, m <sup>3</sup> /ha                              | 0,69            | 2,68                 | 6,30                         | 0.08972        |
|   | (0-2,19)        | (0-7,87)             | (0-23,91)                    |                |
| Juurineen kaatuneet puut, m <sup>3</sup> /ha              | 2,78            | 15,97                | 32,67 *                      | <b>0.0416</b>  |
|   | (0-10,58)       | (1,16-39,95)         | (5,78-113,28)                |                |
| Maapuut & osat, m <sup>3</sup> /ha                        | 1,20            | 9,59                 | 15,97 *                      | <b>0.0372</b>  |
|   | (0,23-3,95)     | (0,20-34,56)         | (3,66-42,81)                 |                |
| Korkeat hakkuukannot & pökkelöt, m <sup>3</sup> /ha       | 0               | 1,0                  | 0,29                         | 0.5499         |
|   |                 | (0-9,04)             | (0-1,46)                     |                |

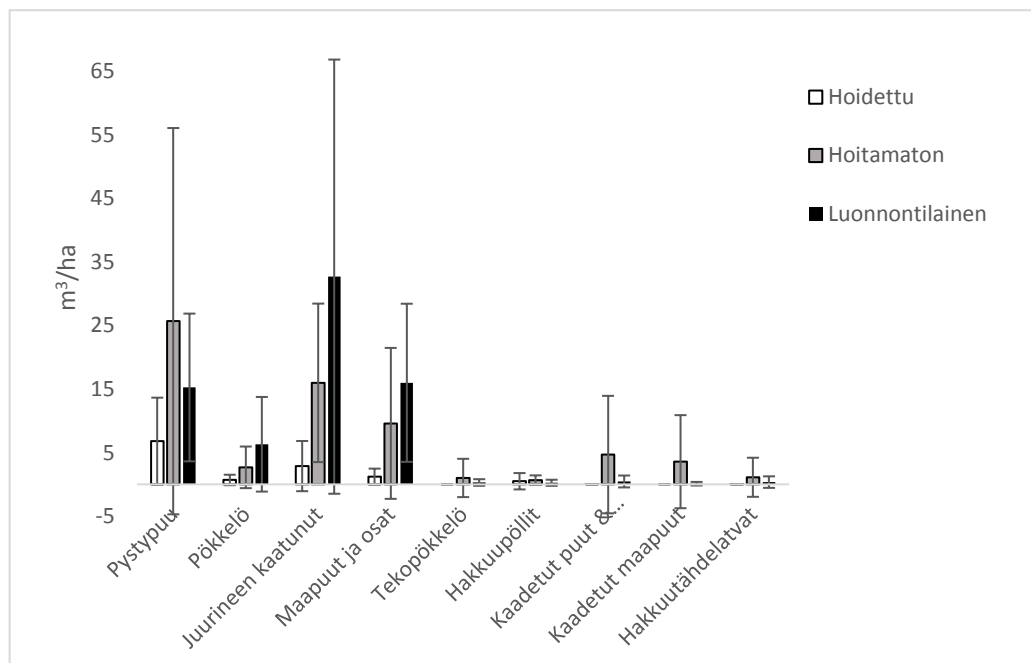
|  |                  |                   |                  |        |
|--|------------------|-------------------|------------------|--------|
| Tyveykset & pöllit, m <sup>3</sup> /ha     | 0,49<br>(0-3,40) | 0,67<br>(0-1,66)  | 0,25<br>(0-1,21) | 0.6167 |
| Kaadetut puut & latvat, m <sup>3</sup> /ha | 0,0<br>(0-0,2)   | 4,68<br>(0-21,62) | 0,45<br>(0-2,59) | 0.2069 |
| Kaadetut puut, m <sup>3</sup> /ha          | 0                | 3,57<br>(0-19,79) | 0,1<br>(0-0,8)   | 0.207  |
| Hakkuutähdelat vat, m <sup>3</sup> /ha     | 0<br>(0-0,29)    | 1,11<br>(0-9,30)  | 0,35<br>(0-2,59) | 0.5178 |

Puulajeista kuusen, männyn, koivujen ja haavan lahoppuun tilavuus oli suurimmillaan luonnontilaisen kaltaisissa metsissä ja pienimmillään hoidetuissa kaupunkimetsissä (Kuva 6.). Näistä kuitenkin vain männyn tilavuus vaihteli merkitsevästi eri metsäluokkien välillä. Männyn tilavuus oli luonnontilaisen kaltaisissa metsissä lähes neljä kertaa suurempi kuin hoitamattomissa kaupunkimetsissä, eikä kuollutta mäntypuuta mitattu lainkaan hoidetuissa kaupunkimetsissä (Taulukko 3.).



**Kuva 6.** Lahoppuuston jakaantuminen puulajeittain eri metsäluokissa. Pylväät kuvaavat keskiarvoja ja virhepalkin viivat vaihteluvälejä.

Luontaisesti muodostuneen lahoppuun osuus oli suurin kaikissa metsäluokissa (Kuva 7.). Pystypuuston tilavuus oli suurimmillaan hoitamattomissa kaupunkimetsissä, keskiverto luonnontilaisen kaltaisissa metsissä ja pienin hoidetuissa kaupunkimetsissä, mutta erot metsäluokkien välillä eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Juurineen kaatuneiden puiden ja erillisten lahoppuun kappaleiden (maapuiden kappaleet, latvukset ja oksat) tilavuudet olivat merkittävästi suurempia luonnontilaisen kaltaisissa metsissä, erityisesti maahavupuun osalta (Liite 4.). Maahavupuun tilavuus luonnontilaisen kaltaisissa metsissä oli lähes kaksi kertaa suurempi kuin hoitamattomissa kaupunkimetsissä ja lähestulkoon kaksitoista kertaa suurempi kuin hoidetuissa kaupunkimetsissä.

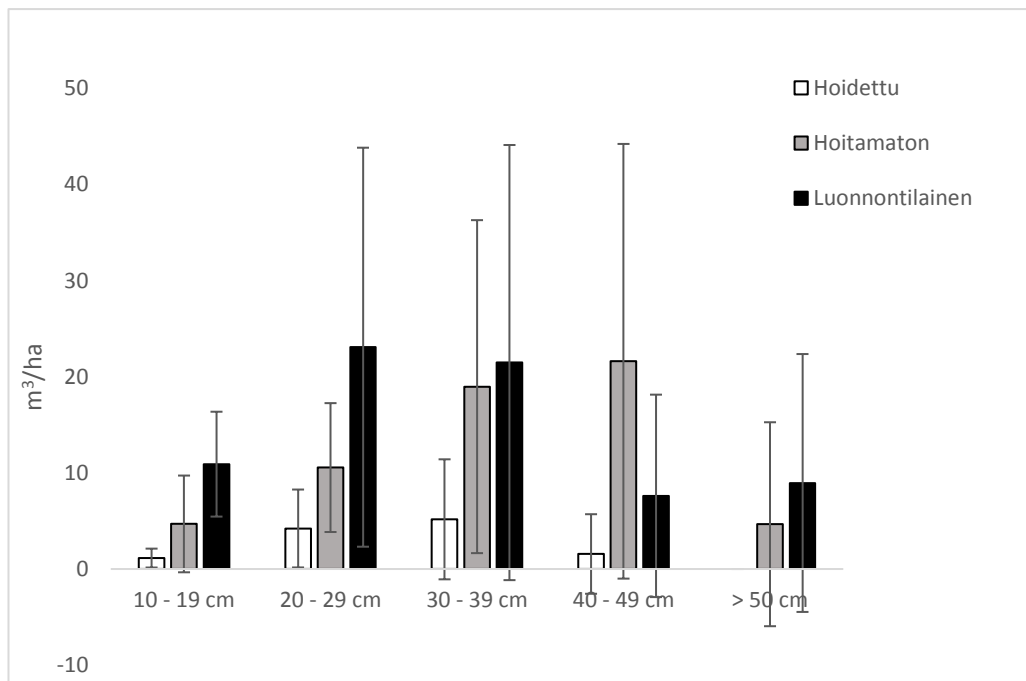


**Kuva 7.** Lahoppuuston tilavuuden jakaantuminen tyyppeihin/ulkoasuihin eri metsäluokissa. Pylväät kuvaavat keskiarvoja ja virhepalkin viivat vaihteluvälejä.

Ihmisen toiminnan vaikutuksesta syntyneen lahoppuun, kuten kaadettujen puiden keskimääräinen tilavuus oli suurimmillaan hoitamattomissa kaupunkimetsissä ja pienimmillään hoidetuissa kaupunkimetsissä.



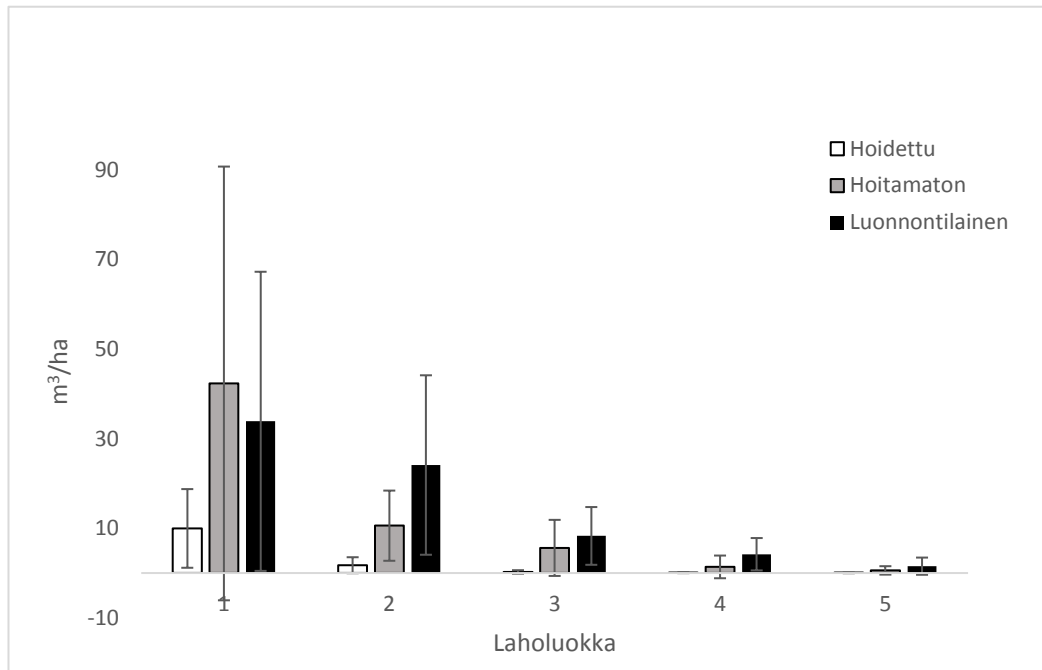
Lahopuun tilavuus oli pienimmillään hoidetuissa kaupunkimetsissä kaikissa läpimittaluokissa (Kuva 8. ja Liite 4.). Suurimmillaan lahopuun tilavuus oli luonnontilaisen kaltaisissa metsissä kaikissa läpimittaluokissa, lukuun ottamatta luokkaa 40–49 cm, jonka osuus oli suurin hoitamattomissa kaupunkimetsissä, pystypuiden suuren osuuden vuoksi. Järeiden, läpimitaltaan yli 50 cm puiden tilavuus ei merkitsevästi eronnut hoitamattomien kaupunkimetsien ja luonnontilaisen kaltaisten metsien välillä, mutta hoidetuissa kaupunkimetsissä ei mitattu yhtäkään näin suurta lahopuuta.



**Kuva 8.** Lahopuuston tilavuus eri läpimitta ja -metsäluokissa. Pylväät kuvaavat keskiarvoja ja virhepalkin viivat vaihteluvälejä.

Hoidetut kaupunkimetsät erosivat muista metsäluokista myös suurikokoisen, läpimitaltaan yli 30 cm lahopuuston lajiston suhteen, sillä hoidetuissa kaupunkimetsissä tätä suurempia lahopuita mitattiin vain kuusella, kun kahdessa muussa metsäluokassa suuria lahopuurunkoja mitattiin myös männyltä, koivuilta, haavalta ja muilta lehtipuilta.

Hoitamattomissa kaupunkimetsissä oli eniten tuoretta (lahoaste 1) lahopuuta, kun taas luonnontilaisen kaltaisissa metsissä esiintyi eniten muita lahoasteita (lahoasteet 2–5) (Liite 4.). Erot lahoasteissa eri metsäluokkien välillä olivat tilastollisesti merkitseviä laholuokissa 2–4 (Kuva 9.).

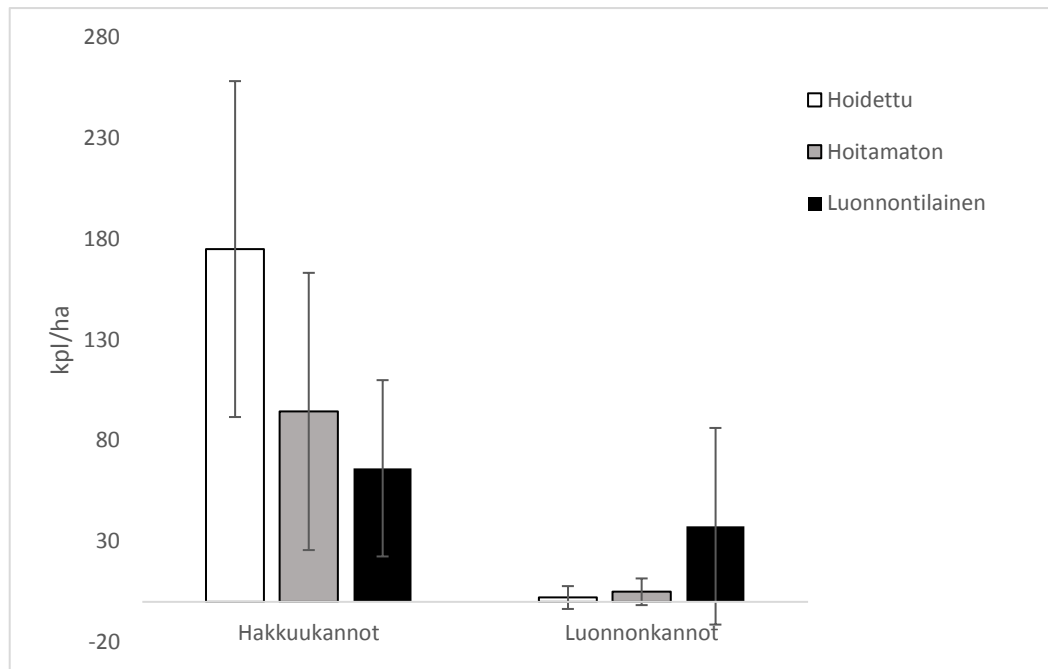


**Kuva 9.** Lahopuuston tilavuuden jakautumien eri laho ja -metsäluokissa. Pylväät kuvaavat keskiarvoja ja virhepalkin viivat vaihteluvälejä.

### 3.3. Kannot

Hakkuukantojen lukumäärä (Kuva 10.) oli merkitsevästi suurin hoidetuissa kaupunkimetsissä 190 kpl/ha, keskimääräinen hoitamattomissa kaupunkimetsissä 94 kpl/ha ja pienin luonnontilaisen kaltaisissa metsissä 66 kpl/ha (Taulukko 4.). Hakkuukantojen osuus kaikista kannoista oli hoidetuissa kaupunkimetsissä 98,79 %, hoitamattomissa kaupunkimetsissä 94,97 % ja luonnontilaisen kaltaisissakin metsissä 63,85 %, tosin valtaosa pitkälle lahonneita. Luonnonkantojen pohjapinta-ala (Liite 5.) oli suurin luonnontilaisen kaltaisissa

metsissä kaikissa lahoasteissa, mutta hoidetuissa kaupunkimetsissä luonnonkantoja ei esiintynyt lainkaan lahoasteissa 1–4, eikä hoitamattomissa kaupunkimetsissä lahoasteissa 1 ja 2.



**Kuva 10.** Hakkuu- ja luonnonkantojen lukumäärä eri metsäluokissa. Pylväät kuvaavat keskiarvoja ja virhepalkin viivat vaihteluvälejä.

**Taulukko 4.** Hakkuu-, ja luonnonkantojen lukumäärä, pohjapinta-ala ja tilavuus hoidetuissa ja hoitamattomissa kaupunkimetsissä, sekä luonnontilaisen kaltaisissa metsissä. Sulkeissa vaihteluväli ja tummennettuna tilastollisesti merkitsevä p-arvo ( $p < 0,05$ ). \* Kertoo luonnontilaisten metsien eroavan tilastollisesti merkitsevästi hoidetuista kaupunkimetsistä. \*\* Kertoo luonnontilaisten metsien eroavan merkitsevästi hoitamattomista kaupunkimetsistä.

|  | <b>Hoidetut</b>       | <b>Hoitamattomat</b> | <b>Luonnon-<br/>tilaiset</b> | <b>p -arvo</b> |
|--|-----------------------|----------------------|------------------------------|----------------|
| <b>Hakkuukantojen lukumäärä, pohjapinta-ala ja tilavuus</b>  |                       |                      |                              |                |
| Hakkuukannot, kpl/ha   | 190<br>(55-305)       | 94<br>(0-245)        | 66 *<br>(10-135)             | <b>0.01355</b> |
| Hakkuukannot,<br>m <sup>3</sup> /ha                          | 2,03<br>(0,37-5,94)   | 2,46<br>(0-6,52)     | 0,56<br>(0,03-1,70)          | 0.1462         |
| Hakkuukannot;<br>m <sup>2</sup> /ha                          | 10,12<br>(3,36-18,36) | 6,83<br>(0-18,24)    | 2,78 *<br>(0,37-7,21)        | <b>0.04857</b> |
| <b>Luonnonkantojen lukumäärä, pohjapinta-ala ja tilavuus</b> |                       |                      |                              |                |
| Luonnonkannot, kpl/ha  | 3<br>(0-15)           | 5<br>(0-20)          | 38 *<br>(5-155)              | <b>0.04111</b> |
| Luonnonkannot,<br>m <sup>3</sup> /ha                         | 0<br>(0-0,1)          | 0,4<br>(0-0,22)      | 0,27 *' **<br>(0,4-0,67)     | <b>0.00974</b> |
| Luonnonkannot,<br>m <sup>2</sup> /ha                         | 0,05<br>(0-0,25)      | 0,14<br>(0-0,44)     | 0,88 *' **<br>(0,23-20,1)    | <b>0.00107</b> |

### 3.4. Indikaattorikäyvät

Metsien luonnontilaisuutta indikoivista kääpälajeista kahta löytyi hoidetuista kaupunkimetsistä, hoitamattomista kaupunkimetsistä ja luonnontilaisen kaltaisista metsistä. Ruostekääpää (*P. ferrugineofuscus*) (Kuva 11.) löytyi yhdestä hoidetusta kaupunkimetsästä (kohde K1) ja yhdestä luonnontilaisen kaltaisesta metsästä kohteesta N3. Rusokääpää (*P. fulgens*) (Kuva 12.) puolestaan löytyi yhdestä hoitamattomasta kaupunkimetsästä (kohde L1) ja yhdestä luonnontilaisen kaltaisesta metsästä (kohde N2).



**Kuva 11.** Ruostekääpä (*P. ferrugineofuscus*) (Kuva: Suvi Kolu)



**Kuva 12.** Rusokääpä (*P. fulgens*) (Kuva: Suvi Kolu)

## 4. Tulosten tarkastelu

### 4.1. Elävä puusto

Erot elävän puuston runkoluvussa, pohjapinta-alassa, tilavuudessa ja diversiteetissä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä **olivat** eri metsäluokkien välillä. Puuston tilavuus oli suurimmillaan hoitamattomissa ja hoidetuissa kaupunkimetsissä, noin 400 m<sup>3</sup>/ha ja pienimmillään luonnontilaisen kaltaisissa metsissä 368,56 m<sup>3</sup>/ha. Tämä ei kuitenkaan ollut yllätys, sillä luonnonmetsissä puusto tilavuus on yleensä talousmetsien puuston tilavuutta pienempi, johtuen puuston jatkuvasta uudistumisesta aukkojen kautta, sekä lahopuun suuremmasta osuudesta (Kuuluvainen ym. 1998).

Valtapuulaji kuusen tilavuus oli odotetusti suurin kaikissa metsäluokissa. Kuitenkin kuusen tilavuus oli huomattavasti pienempi (240 m<sup>3</sup>/ha) luonnontilaisen kaltaisissa metsissä, kuin hoitamattomissa ja hoidetuissa kaupunkimetsissä (noin 355 m<sup>3</sup>/ha). Taasen männyn ja koivujen tilavuus oli huomattavasti suurempi luonnontilaisen kaltaisissa metsissä kuin hoidetuissa ja hoitamattomissa kaupunkimetsissä. Kaupunkimetsien puusto oli siis pitkälti kuusivaltaista, kun taas luonnontilaisen kaltaisissa metsissä muiden puulajien osuus oli selvästi suurempi.

Luonnontilaisen kaltaisissa kuusimetsissä puuston läpimittajakauma noudatti odotetusti luonnonmetsille tyypillistä puuston rakennetta, jossa pienten puiden lukumäärä oli suurin ja isojen pienin. Tällainen puuston rakenne muodostuu luonnostaan metsään suurien, puustoa tappavien häiriöiden poissa ollessa, kun puusto uudistuu metsänpohjan taimista pienialaisesti vanhojen puiden kuollessa. (Kuuluvainen ym. 1998) Kaupunkimetsien rakenteessa näkyi selvästi hakkuiden vaikutus, sillä keskikokoisten kuusien osuus puustosta oli suurin. Kuitenkin erot hyvin järeiden kuusten lukumäärässä olivat pieniä metsäluokkien välillä. Huomionarvoinen ero kaupunkimetsien ja luonnontilaisen kaltaisten metsien välillä

oli kaupunkimetsistä puuttuvat erityisen suuret lehtipuut, kuten haavat ja rauduskoivut.

## **4.2. Lahopuusto**

### **4.2.1. Lahopuun määrä**

Toisin kuin elävä puusto, lahopuuston määrä ja laatu erosivat tilastollisesti merkitsevästi luonnontilaisen kaltaisten metsien ja hoidettujen kaupunkimetsien välillä, kun taas luonnontilaisen kaltaisten ja hoitamattomien kaupunkimetsien välillä ei ollut merkitseviä eroja. Lahopuuston tilavuus oli pienimmillään (12,09 m<sup>3</sup>/ha) hoidetuissa kaupunkimetsissä ja suurimmillaan hoitamattomissa kaupunkimetsissä (60,50 m<sup>3</sup>/ha) ja luonnontilaisen kaltaisissa metsissä (72,03 m<sup>3</sup>/ha).

Aiempiin lahopuustotutkimuksiin verrattuna luonnontilaisen kaltaisten metsien lahopuuston keskimääräinen tilavuus oli samankaltainen. Esimerkiksi Sippolan ym. (2001) tutkimuksessa Itä-Suomen vanhoissa ja luonnontilaisissa kuusivaltaisissa metsissä lahopuustoa oli keskimäärin 51,3 m<sup>3</sup>/ha (23,2–78,5 m<sup>3</sup>/ha). Sippolan ym. (1998) tutkimuksessa Pohjois-Suomen vanhoissa kuusikoissa lahopuun tilavuus oli keskimäärin 60 m<sup>3</sup> hehtaarilla. Kumpulaisen & Veteläisen (2000) tutkimuksissa Kuusamossa luonnontilaisen kaltaisissa kuusivaltaisissa metsissä lahopuuta oli tähän tutkimukseen verrattuna jonkin verran enemmän, keskimäärin 97 m<sup>3</sup>/ha (55–107 m<sup>3</sup>/ha). Siitosen ym. (2000) tutkimuksissa Etelä-Suomen vanhoissa (129–198 vuotiaissa) kuusivaltaisissa metsissä lahopuuston tilavuus taas oli huomattavasti tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia suurempi; keskimäärin 111 m<sup>3</sup>/ha (70–184 m<sup>3</sup>/ha). Suurin tilavuus (184,1 m<sup>3</sup>/ha) tuulenkaatoalueelta (Siitonen ym. 2000). Hoidetuissa kaupunkimetsissä lahopuun tilavuus oli noin kolme kertaa suurempi

kuin Etelä-Suomen talousmetsissä ja kaksi kertaa suurempi kuin koko maan talousmetsissä (Luke 2017).

Lahopuuston tilavuus vaihteli suuresti paitsi metsäluokkien välillä, myös niiden sisällä. Lahopuuston keskimääräinen tilavuus oli pienimmillään hoidetuissa kaupunkimetsissä, joissa pienin mitattu yksittäinen tilavuus oli 1,69 m<sup>3</sup>/ha (kohde K6) ja suurimmillaan 25,19 m<sup>3</sup>/ha (kohde K3). Kuitenkin verrattuna luonnontilaisen kaltaisiin metsiin, edes suurin mitattu lahopuun tilavuus hoidetuissa kaupunkimetsissä ei yltänyt edes luonnonmetsissä pienimpään mitattuun tilavuuteen 26,87 m<sup>3</sup>/ha (kohde N3), jääden siten hyvin kauas suurimmasta mitatusta tilavuudesta 181,85 m<sup>3</sup>/ha (N2).

#### **4.2.2. Lahopuun laatu**

Puulajien osuudet lahopuustosta noudattelivat elävän puuston osuuksia. Luonnontilaisen kaltaisissa metsissä oli hoidettuihin kaupunkimetsiin verrattuna yli 5 kertaa enemmän kuusi-, 8 kertaa enemmän koivu-, ja 6 kertaa enemmän haapalahopuuta, eikä hoidetuista kaupunkimetsistä mitattu lainkaan kuollutta mätäntypuustoa. Hoitamattomissa kaupunkimetsissä oli kuitenkin runsaasti muiden lehtipuiden muodostamaa lahopuustoa, erityisesti pihlajaa, jota ei mitattu lainkaan luonnontilaisen kaltaisista metsistä.

Luonnontilaisen kaltaisissa metsissä oli tilastollisesti merkitsevästi enemmän juurineen kaatuneita puita ja erilaisia lahopuun kappaleita, kuin hoidetuissa ja hoitamattomissa kaupunkimetsissä. Ainoastaan pystypuiden osuus oli luontaisesti muodostuneesta lahopuustosta suurempi hoitamattomissa kaupunkimetsissä kuin hoidetuissa kaupunkimetsissä tai luonnontilaisen kaltaisissa metsissä. Eron pystypuiden määrässä selittää kaupunkimetsien käyttöhistoria. Koska



hoitamattomat kaupunkimetsät ovat vuodesta 1995 lähtien olleet pääsääntöisesti metsienhoitotoimenpiteiden ulkopuolella ja hoidettujenkin kaupunkimetsien puusto on pidentyneen hakkuukierron ja vähentyneiden hakkuiden myötä päässyt kasvamaan vanhemmaksi, on valtaosa kaupunkimetsistä nykyisin vanhoja kuusikoita (Lahden kaupunki 2014), joissa puusto on alkanut hiljalleen uudistua vanhojen puiden kuollessa. Pystypuiden osuus lieneekin suuri, koska pystyyn kuolleet puut eivät ole vielä ehtineet kaatua maahan ja muodostaa maalahopuuta. Tätä hypoteesia tukee osaltaan pystypuiden lahoaste: pystypuusto oli pääsääntöisesti tuoretta, vielä kovaa puuainesta. Tosin myös luontaisesti muodostuneen maapuun vähyys erityisesti hoidetuissa kaupunkimetsissä, sekä ihmisen tekemän maapuun suuri osuus hoitamattomissa kaupunkimetsissä viittaavat ihmisten haluun pitää kaupunkimetsät turvallisina ja ”siisteinä”. Valtaosa tuulenskaadoista ja katkenneista puista on poistettu erityisesti hoidetuista metsistä.

Läpimitaltaan alle 30 cm lahopuun osuus oli selkeästi suurin luonnontilaisen kaltaisissa metsissä ja pienin hoidetuissa kaupunkimetsissä. Ero selittynee kaupunkimetsien käyttöhistorialla, sillä harvennushakkuilla on kaupunkimetsissä estetty nuoren puuston itseharvennus ja varsinaisilla hakkuilla on poistettu hakkuukokoista puuta myyntitulojen saamiseksi. Kuitenkin hoitamattomissa kaupunkimetsissä läpimitaltaan 40–49 cm lahopuuston osuus oli huomattavan suuri, joka selittyy metsäalueiden siirtymisellä vuonna 1995 metsänkäsittelytoimenpiteiden ulkopuolelle, jolloin suurikokoista lahopuustoa on päässyt muodostumaan puuston ikääntyessä.

Hoidetuissa kaupunkimetsissä metsienkäsittely näkyy selvästi hakkuukantojen suurena määränä, lahopuun vähäisyytenä, järeiden lahopuiden puuttumisena ja etenkin lahopuulajiston yksipuolisuutena: kaikki läpimitaltaan yli 30 cm lahopuusto oli kuusilahopuuta.

#### 4.2.3. Lahopuun diversiteetti

Hoidettujen kaupunkimetsien lahopuuston diversiteetti sai arvon 7, hoitamattomien kaupunkimetsien arvon 16 ja luonnontilaisen kaltaisten metsien arvon 21. Luonnontilaisen kaltaisten metsien lahopuuston diversiteetti oli siis kolminkertainen verrattuna hoidettuihin kaupunkimetsiin. Luonnontilaisen kaltaisissa metsissä mitattiin enemmän ja monimuotoisempaa lahopuuta, niin puulajistoltaan, läpimitaltaan, ulkoasultaan kuin lahoasteeltaan.

Lahopuuston diversiteetti voidaan nähdä indikaattorina koko metsäekosysteemin biodiversiteetille, eli lahopuusta riippuvaisten eliölajien ja niiden yksilömäärien runsaudelle (Lassauce ym. 2011, Siitonen 2001). Runsaasti monipuolista lahopuuta sisältävä metsä tarjoaa paljon erilaisia resursseja ja habitaatteja, pystyen ylläpitämään monimuotoista saproksyyliyhteisöä (Siitonen 2001, Similä ym. 2003, Tikkanen ym. 2006). Lahopuuston diversiteetin vaikutusta saproksyylisten eliöiden diversiteettiin ovat selvittäneet useat tutkimukset. Øklandin ym. (1996), Martikaisen ym. (1999 & 2000) ja Hottolan & Siitosen (2008) mukaan lahopuun diversiteetti korreloi voimakkaasti saproksyyililajiston rikkauden kanssa. Stoklandin (2001), Ylläsjärven ym. (2011), Baderin ym. (1995), Kruysin ym. (1999), ja Heilmann-Clausen & Christensenin (2004) mukaan saproksyyililajiston monimuotoisuudelle oleellisinta on yksittäisten lahopuiden määrä ja koko.

Yksittäisten lajiryhmien, kuten kääpien (Bader ym. 1995, Sippola & Renvall 1999, Penttilä ym. 2004 ja Similä ym. 2003, 2006) ja kovakuoriaisten (Økland ym. 1996, Martikainen ym. 2000, Similä ym. 2003) diversiteetin on myös havaittu korreloivan voimakkaasti lahopuuston diversiteetin kanssa.

### 4.3. Indikaattorikäävät

Indikaattorikäävistä vain kahta lajia, ruostekääpää (*P. ferrugineofuscus*) ja rusokääpää (*P. fulgens*) löytyi tutkimusalueilta. Kääpälajien ja niiden esiintymien vähäisyys johtui hyvin todennäköisesti kääpien itiöemille epäsuotuisasta kartoitusajankohdasta.

Ruostekääpää (*P. ferrugineofuscus*) esiintyi yhdessä hoidetussa kaupunkimetsässä (kohde K1) ja luonnontilaisen kaltaisessa metsässä (kohde N3). Ruostekäävän ruosteenruskea yksi- tai kaksivuotinen itiöemä kehittyy alustanmyötäisenä kuorellisten kuusimaapuiden pystypinnoille vanhoissa kuusivaltaisissa metsissä, joissa on pitkään säilynyt lahoppuujatkumo. Ruostekääpä on Etelä-Suomessa harvinainen, mutta yleinen Pohjois-Suomen vanhoissa metsissä. Ruostekääpä on edeltäjälaaji lumokäävälle (*Skeletocutis brevispora*) (NT = silmälläpidettävä), pitsikäävälle (*Skeletocutis delicata*) (NE = arvioimatta jätetty, huonosti tunnettu), seulakäävälle (*Skeletocutis exilis*) (NE) ja punakarakäävälle (*Steccherinum collabens*) (NT). (Niemelä 2016)

Rusokääpää (*P. fulgens*) puolestaan löytyi yhdestä hoitamattomasta kaupunkimetsästä (kohde L1) ja luonnontilaisen kaltaisesta metsästä (kohde N2). Rusokääpä kasvaa seuraajalajina kantokäävän (*Pycnoporellus fulgens*) lahottamilla kuusilla, männyillä, koivuilla ja haavalla. Sen yksivuotiset, pienehköt ja oranssinpunaiset, ylivuotisena tiilenpunaiset itiöemät kehittyvät kantokäävän itiöemien ympärille tai jopa päälle. Elinympäristönään rusokääpä suosii vanhoja kuusivaltaisia metsiä. Se on Etelä- ja Keski-Suomessa harvinainen, mutta yleistynyt viime vuosikymmeninä. (Niemelä 2016)

Ruostekäävän löytyminen luonnontilaisen kaltaisesta metsästä (kohde N3) ja hoidetusta kaupunkimetsästä (kohde K1), sekä rusokäävän löytyminen luonnontilaisen kaltaisesta metsästä (kohde N2) ja hoitamattomasta

kaupunkimetsästä (kohde L1) kertovat näiden metsien rakenteen luonnollisuudesta ja pitkään jatkuneista, suurikokoisen kuusilahopuun jatkumoista.

Ruostekäävän esiintyminen hoidetussa metsässä osoittaa, että kääpälajiston diversiteetin ylläpitäminen ei ole mahdotonta kaupunkimetsissä, jos metsän rakenteesta ja erityisesti lahopuujatkumosta huolehditaan. Tulee kuitenkin huomioida, että pitkän elinkierron omaavat lajit, kuten käävät (Komonen 2003) reagoivat elinympäristössä tapahtuviin muutoksiin viiveellä (Gu ym. 2002) ja saattavat esiintyä alueella tai yksittäisellä lahopuulla vielä vuosia sen jälkeen, kun alue on muutoin muuttunut lajille epäsuotuisaksi (Jonsson ym. 2005). Yksittäisen ruostekäävän itiöemien löytyminen ei siis takaa ruostekääpäpopulaation elinvoimaisuutta alueella (Komonen 2003). Tässä tapauksessa ruostekäävän säilyminen alueella vaikeutui tietyömaan tuhotessa esiintymän kuukausi kenttätöiden jälkeen.

Rusokäävän esiintyminen on todennäköisesti paremmin turvattu hoitamattomassa LUMO-metsässä hakkuilta ja metsänkäytön muutoksilta. Rusokäävän tulevaisuutta voi kuitenkin uhata metsäalueen pieni koko ja eristäytyneisyys muista samankaltaisista metsistä. Populaation pitkäaikainen eristyminen voi johtaa geneettisen monimuotoisuuden alenemiseen ja pitkällä aikavälillä alueelliseen sukupuuttoon (Franzén ym. 2007).

#### **4.4. Indikaatiot metsäluonnon monimuotoisuudelle**

Lahopuuston määrän ja laadun, sekä indikaattorikääpien esiintymien perusteella metsien rakenteellinen ja lajistollinen monimuotoisuus näyttäisi olevan huomattavasti korkeampi luonnontilaisen kaltaisissa metsissä kuin kaupunkimetsissä, erityisesti hoidetuissa kaupunkimetsissä. Talousmetsiin

vertautuvien hoidettujen kaupunkimetsien onkin aiemmissa tutkimuksissa havaittu kykenevän ylläpitämään vain yleisimpiä saproksyyllisiä lajeja, jotka pystyvät hyödyntämään eläviä puita, kantoja ja hakkujätettä (Junninen ym. 2006, Penttilä ym. 2004). Esimerkiksi Penttilän ym. (2004) mukaan alle 20 m<sup>3</sup>/ha lahoppuuta sisältävät metsät, kuten tässä tutkimuksessa hoidetut talousmetsät 12,9 m<sup>3</sup>/ha, eivät kykene ylläpitämään uhanalaisten kääpälaajien populaatioita.

Vaikka hoitamattomien kaupunkimetsien ja luonnontilaisen kaltaisten metsien lahoppuuston diversiteettiärvot eivät tilastollisesti merkitsevästi poikenneet toisistaan, ei hoitamattomat kaupunkimetsät silti välttämättä kykene ylläpitämään yhtä monimuotoista saproksyyliyhteisöä, sillä hoitamattomissa kaupunkimetsissä lahoppuuston tilavuus oli huomattavasti pienempi ja laatu yksipuolisempi. Lisäksi kaupunkimetsät ovat eristyneinä toisistaan, jolloin eliöiden liikkuminen alueelta toiselle voi olla vaikeaa, jopa mahdotonta (Jonsson 2012). Kaupunkimetsät ovat myös kooltaan melko pieniä, jolloin reunavaikutus ulottuu syvälle metsään, lisäten valon ja tuulen määrää, vaikuttaen lämpötilaan ja ilmakeiteuteen (Mönkkönen 2004).

Hoitamattomat kaupunkimetsät eivät myöskään todellisuudessa ole kokonaan metsienkäsittelyn ulkopuolella, vaan puita poistetaan teiden ja polkujen läheisyydestä turvallisuussyistä, sekä mahdollisesti kirjanpainajatuhojen ehkäisemiseksi alueilta joissa on suuri määrä pystyyn kuollutta kuusipuuta. Esimerkiksi runsalahoppuustoisimmassa hoidetussa kaupunkimetsässä L2 tullaan osa lahoppuustosta poistamaan virkistyskäytön ja turvallisuuden takaamiseksi (Hattunen 2018b).

Jo muutamien suurien puiden, erityisesti haapojen poistolla on suuri vaikutus lahoppuuston diversiteettiin ja siten saproksyylisten eliöiden diversiteettiin alueella. Haavan emäksinen ja ravinteikas kaarna (Siitonen ym. 2001) on tärkeä elinympäristö noin 120 rungolle ja karikkeeseen erikoistuneelle kovakuoriaislajille,

joista 116 tavataan vain kuolleella haavalla (Rassi 2010). Useat haavalla elävät lajit ovatkin nykyisin harvinaisia tai uhanalaisia talousmetsissä hyljeksitylle haavalle (Siitonen ja Martikainen 1994, Siitonen 1999). Tässä tutkimuksessa luonnontilaisen kaltaisten metsien haapalahopuun, erityisesti suurikokoisen haapalahopuun tilavuus oli kuusi kertaa suurempi verrattuna hoidettuihin kaupunkimetsiin. Luonnontilaisen kaltaiset metsät siis kykenevät ylläpitämään huomattavasti monimuotoisempaa lahohaavalla elävää lajistoa, kuin hoitamattomat kaupunkimetsät.

Vaaralliseksi koetut puut pitäisikin kaupunkimetsissä kaataa korkeiksi kannoiksi ja maapuiksi. Jos maapuun oletetaan suuresti häiritsevän metsissä liikkujia, tulisi lahopuu siirtää kauemmas polusta. Koska erityisesti hoitamattomien kaupunkimetsien puusto alkaa olla iäkästä, muodostuu niihin lähivuosisikymmeninä runsaasti suurikokoista kuusilahopuuta. Suurten ylispuiden kuollessa latvustoon syntyy valoisia aukkoja, joissa lehtipuuston osuus pääsee kasvamaan ja hiljalleen monipuolistamaan kaupunkimetsien lahopuuston diversiteettiä ja siten edelleen kaupunkimetsien lahopuusta riippuvaisen eliöstön diversiteettiä.

## **5. Johtopäätelmät**

Tutkimustulokset tukivat asetettua hypoteesia, jonka mukaan luonnontilaisen kaltaisten metsien lahopuuston määrä ja diversiteetti olivat selvästi suurempia hoidettuihin kaupunkimetsiin verrattuna. Luonnontilaisen kaltaisten metsien lahopuuston määrä ja diversiteetti oli myös hoitamattomiin kaupunkimetsiin verrattuna selvästi suurempi, erityisesti lahopuun laadun osalta, mutta ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää. Lahopuuston diversiteetin ja indikaattorikääpien esiintymien perusteella voitiin metsien rakenteellisen ja lajistollisen monimuotoisuuden päätellä olevan huomattavasti pienempi kaupunkimetsissä, kuin luonnontilaisen kaltaisissa metsissä.

Lahopuuston matalan diversiteetin lisäksi kaupunkimetsien lajistolliseen monimuotoisuuteen negatiivisesti vaikuttaa kaupunkimetsien eristyneisyys toisistaan, sekä pieni koko. Lahden kaupunkimetsien puusto alkaa kuitenkin olla ikääntynyttä, joten lähivuosikymmeninä metsiin muodostuu runsaasti lahopuuta ja siten habitaatteja saproksyyeille. Kaupunkimetsien rakenteellisen ja lajistollisen monimuotoisuuden koheneminen erityisesti hoidetuissa kaupunkimetsissä riippuukin tulevaisuudessa siitä, annetaanko osan kuolevasta puustosta jäädä metsiin vai ei.

## **6. Kiitokset**

Suuri kiitos kenttäapulaisille: äiti, Lumo, Tianran ja Johan. Kiitos kaikille kommentoijille ja pilkunviilaajille. Suurensuuri kiitos LUKE:n Auli Immoselle puustolaskuista. Kiitos ohjaajille: Heikki Setälä, Johan Kotze ja erityisesti Timo Kuuluvainen, joka jaksoi viilata tekstiä kanssani. Lopuksi kiitos vähän väliä ja vähän kaikessa opintojen aikana auttaneelle Paulalle, sekä erityiskiitos Kimmolle, jota ilman en koskaan olisi suoriutunut opinnoissa graduun asti.

## **7. Lähteet**

Andersson, L.I. & Hytteborn, H. 1991: Bryophytes and decaying wood—a comparison between managed and natural forest. – *Holarctic Ecology* 14: 121–130.

Andren, H. 1997: Habitat fragmentation and changes in biodiversity. – *Ecological Bulletins* 46: 171-181.

- Attiwill, P. M. 1994: The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. – *Forest Ecology and Management*, Volume 63, Issues 2–3, p. 247-300.
- Esseen, P.-A., Ehnström, B., Ericson, L. & Sjöberg, K. 1997: Boreal forests. – *Ecological Bulletins* 46: 16–47.
- Bader, P., Jansson, S. & Jonsson, B. G. 1995: Wood-inhabiting fungi and substratum decline in selectively logged boreal spruce forests. – *Biological Conservation* 72: 355-362.
- Edman, M. & Jonsson, B. G. 2001: Spatial pattern of downed logs and wood-decaying fungi in an old-growth *Picea abies* forest. – *Journal of Vegetation Science*. 12: 609–620
- Edman, M., Kruys, N. & Jonsson, B.G. 2004: Local dispersal sources strongly affect colonization patterns of wood-decaying fungi on experimental logs. – *Ecological Applications* 14: 893–901.
- Ehnström, B. 2001: Leaving Dead Wood for Insects in Boreal Forests - Suggestions for the Future. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 16(3): 91-98.
- Fahrig, L. L. 1997: Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. – *The Journal of Wildlife Management* 61: 603-610.
- Franzén, I., Vasaitis, R., Penttilä, R. & Stenlid, J. 2007: Population genetics of the wood-decay fungus *Phlebia centrifuga* P. Karst. in fragmented and continuous habitats. – *Molecular Ecology* 16: 3326-3333.
- Gu, W., Heikkilä, R. & Hanski, I. 2002: Estimating the consequences of habitat fragmentation on extinction risk in dynamic landscapes. – *Landscape Ecology* 17: 699–710.
- Hamberg, L., Löfström, I. & Häkkinen, I. 2012a: Esipuhe. Teoksessa: Hamberg, L., Löfström, I. & Häkkinen, I. (toim.) 2012. Taajamametsät – suunnittelu ja hoito. Metsäkustannus. 155 s.
- Hamberg, L. & Löfström, I. 2012b: Taajamametsät – määritelmä ja tyypilliset piirteet. Teoksessa: Hamberg, L., Löfström, I. & Häkkinen, I. (toim.) 2012. Taajamametsät – suunnittelu ja hoito. Metsäkustannus. 155 s.
- Hansen, A. J., Spies, A. T., Swanson, F. J. & Ohmann, J. L. 1991: Conserving biodiversity in managed forests. Lessons from natural forests. – *BioScience* 41: 382-392.
- Hanski, I. K. 1998: Home ranges and habitat use in the declining flying squirrel *Pteromys volans* in managed forests. – *Wildlife Biology* 4: 33-46.



- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory, S.V., Lattin, J.D., Andersson, N.H., Cline, S.P., Aumen, N.G., Sedell, J.R., Lienkaemper, G.W., Cromack Jr., K., & Cummins, K.W., 1986: Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. – *Advances in Ecological research* 15: 133-302.
- Harmon, M.E. & Chen, Hua, 1991: Coarse woody debris in two old growth ecosystems. Comparing a deciduous forest in China and a conifer forests in Oregon. – *BioScience* 41, 604-610.
- Harmon, M. E., Krankina, O. N. & Sexton, J. 2000: Decomposition vectors: a new approach to estimating woody detritus decomposition dynamics. – *Canadian Journal of Forest Research* 30, 76-84.
- Hattunen, K. 2018: Re: Tietoja Lahen metsistä. Sähköposti Lahden kaupungin metsäsuunnittelijalta Katja Hattuselta. Vastaanottaja Suvi Kolu. Lähetetty 6.4.2018
- Hattunen, K. 2018: Re: Tietoja Lahen metsistä. Sähköposti Lahden kaupungin metsäsuunnittelijalta Katja Hattuselta. Vastaanottaja Suvi Kolu. Lähetetty 11.9.2018
- Heinänen, T. 2018: Re: Päijät-Hämeen Natura 2000 -alueet. Sähköposti Metsähallituksen suunnittelijalle. Vastaanottaja Suvi Kolu. Lähetetty 20.6.2018
- Jonsell, Weslien, J. & Ehnström, B. 1998: Substrate requirements of red-listed saproxylic invertebrates in Sweden. – *Biodiversity and Conservation* 7: 749–764.
- Jonsell, M., G. Nordlander, & M. Jonsson. 1999: Colonization patterns of insects breeding in wood decaying fungi. – *Journal of Insect Conservation* 3:145-161.
- Jonsson, B. G. 2000: Patterns of availability of coarse woody debris in a boreal old-growth *Picea abies* forest. – *Journal of Vegetation Science* 11: 51-56.
- Jonsson, B. G., Kruys, N. & Ranius, T. 2005: Ecology of species living on dead wood; lessons for dead wood management. – *Silva Fennica* 39: 289–309.
- Jonsson, B. G. 2012: Population dynamics and evolutionary strategies. Teoksessa: Stokland, J., Siitonen, J., Jonsson, B.G. (toim.), 2012. Biodiversity in Dead Wood. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Junninen, K., Similä, M., Kouki, J. & Kotiranta, H. 2006: Assemblages of wood-inhabiting fungi along the gradients of succession and naturalness in boreal pine-dominated forests in Fennoscandia. – *Ecography* 29: 75-83.
- Junninen, K., Penttilä, R., & Martikainen, P., 2007: Fallen retention aspen trees on clearcuts can be important habitats for red-listed polypores: a case study in Finland. – *Biodiversity and Conservation* 16: 475–490.

- Junninen, K. & Komonen, A. 2011: Conservation ecology of boreal polypores: a review. – *Biological Conservation* 144 (1): 11–20.
- Jönsson, M., Edman, M., & Jonsson, B.G., 2008: Colonization and extinction patterns of wood-decaying fungi in a boreal *Picea abies* forest. – *Journal of Ecology* 96: 1065–1075.
- Kajava, S. & Silver, T. 2016: Lahopuun merkitys ja tuottaminen sekä sen aiheuttama tuhoriski talousmetsälle. Luonnonhoitohankeraportti.
- Kenis, M., Wermelinger, B. & Grégoire, J.-C. 2004: Research on parasitoids and predators of Scolytidae – a review. Teoksessa: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Grégoire, J.-C. & Evans, H.F. (toim.). Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 237–290 s.
- Keto-Toikoi, P. & Kuuluvainen, T. 2011: Suomalainen aarniometsä. Maahenki. 304 s.
- Kirby, K. J., Reid, C. M., Thomas, R. C., & Goldsmith, F. B. 1998: Preliminary estimates of fallen deadwood and standing dead trees in managed and unmanaged forests in Britain. – *Journal of Applied Ecology* 35: 148–155.
- Komonen, A., Penttilä, R., Lindgren, M. & Hanski, I. 2000: Forest fragmentation truncates a food chain based on an old-growth forest bracket fungus. – *Oikos* 90: 119–126.
- Komonen, A. 2001: Structure of insect communities inhabiting old- growth forest specialist bracket fungi. – *Ecological Entomology* 26: 63–75.
- Komonen, A. 2003: Hotspots of insect diversity in Boreal forests. – *Conservation Biology* 17(4): 976–981.
- Kotiranta, H. & Niemelä, T. 1996: Uhanalaiset käävät Suomessa. Summary: Threatened polypores in Finland. Toinen painos. Suomen Ympäristökeskus & Edita, Helsinki. 184 s.
- Kotiranta, H. 1998: Käävät. Julkaisussa: Vanhaa metsää etsimässä. Metsähallitus luonnonsuojelu.
- Krankina, O.N. & Harmond, M.E. 1995: Dynamics of dead wood carbon pool in Northwestern Russian boreal forests. – *Water, Air and Pollution* 82: 227–238.
- Kruys, N., Fries, C., Jonsson, B.G., Lämås, T., & Ståhl, G., 1999: Wood-inhabiting cryptogams on dead Norway spruce (*Picea abies*) trees in managed Swedish boreal forests. – *Canadian Journal of Forest Research* 29: 178–186.

- Kruys, N., Jonsson, B.G. & Ståhl, G. 2002: A stage-based matrix model for decomposition dynamics of woody debris. – *Ecological Applications* 12: 773–781.
- Kujala V. 1979: Suomen metsätyypit. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 92(8): 44 s.
- Kumpulainen, K. & Veteläinen, P. 2000: Puustoinventointi: Virkkala, R. & Anttila, I. (toim.), Etelä-Kuusamon vanhojen metsien ja soiden luontoinventointi. Pajupuronsuo, Romevaara, Närängäänvaara, Virmajoki.
- Kunttu, P., Junninen, K., & Kouki, J. 2015: Dead wood as an indicator of forest naturalness: A comparison of methods, In *Forest Ecology and Management*, Volume 353: 30-40.
- Kuuluvainen, T., Syrjänen, K., & Kalliola, R. 1998: Structure of a pristine *Picea abies* forests in north-eastern Europe. – *Journal of Vegetation Science* 9: 563-574.
- Kuuluvainen, T. 2009: Forest management and biodiversity conservation based on natural ecosystem dynamics in northern Europe: The complexity challenge. – *Ambio* 38(6): 309–315.
- Kuuluvainen, T., & Siitonen, J. 2013: Fennoscandian boreal forests as complex adaptive systems. Properties, management challenges and opportunities. Teoksessa: C. Messier, K. J. Puettmann, & K. D. Coates (toim.), *Managing forests as complex adaptive systems*. 244–268 s.
- Lahden kaupunki. 2013: Lahden viheralueohjelma 2013–2025. Tavoitteet viheralueiden kehittämiseksi ja ylläpitämiseksi. 37 s.
- Lahden kaupunki. 2014: Lahden kaupungin omistamien metsien hoito- ja käyttöperiaatteet: Lahden viheralueohjelma 2013-2025. 28 s.
- Laiho, R., and C. E. Prescott. 1999: The contribution of coarse woody debris to carbon, nitrogen, and phosphorus cycles in three Rocky Mountain coniferous forests. – *Canadian Journal of Forest Research* 29:1592–1603.
- Larsen, M.J., Harvey, A.E., & Jurgensen, M.F. 1980: Residue decay processes and associated environmental functions in northern Rocky Mountain forests. USDA Forest Service – General Technical Report. 90: 157-174.
- Lassauce, A., Paillet, Y., Jactel, H. & Bouget, C. 2011: Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxylic organisms. – *Ecological Indicators* 11: 1027–1039.
- Lindblad, I. 1998: Wood-inhabiting fungi on fallen logs of Norway spruce: relations to forest management and substrate quality. – *Nordic Journal of Botany* 18: 243-255.

- Linder, P., Jonsson, P. & Niklasson, M. 1998: Tree mortality after prescribed burning in an old-growth Scots pine forest in northern Sweden. – *Silva Fennica* 32: 339-349.
- Luke 2017: Liite 1: Suomen metsävaratietoja. (Luettu 25.3.2018)
- McCann, K. S. 2000: The diversity–stability debate. – *Nature* 405: 228 – 233.
- Martikainen, P., Siitonen, J., Puntila, P., Kaila, L., & Rauh, J. 2000: Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. – *Biological Conservation* 94: 199–209.
- Mehtola, J. (toim.) 2010. Suomen Luonto 9/2010. 28-34 s.
- Meriluoto, M. ja Soininen, T. 1998: Metsäluonnon arvokkaat elinympäristöt. Metsäkustannus.
- Metsäntutkimuslaitos. 2009: Valtakunnan metsien 11. inventointi: Maastotyön ohjeet 2009, koko Suomi. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos
- Metla. 2013: Suomen metsäsektorin tunnuslukuja. [http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2014/vsk14\\_tunnuslukuja.pdf](http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2014/vsk14_tunnuslukuja.pdf) (luettu 30.3.2018)
- Midtgaard, F., Rukke, B. A. and Sverdrup-Thygeson, A. 1998: Habitat use of the fungivorous beetle *Bolitophagus reticulatus* (Coleoptera, Tenebrionidae): effects of basidiocarp size, humidity and competitors. – *European Journal of Entomology* 95: 559-570.
- Müller, J. & Bütler, R., 2010: A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. – *European Journal of Forest Research* 129: 981–992
- Mönkkönen, M. 2004: Suomen metsäluonto -osa globaalia monimuotoisuutta. Julkaisussa: Kuuluvainen, T., Saaristo, L., Keto-Tokoi, P., Kostamo, J., Kuuluvainen, J., Kuusinen, M., Ollikainen, M. & Salpakivi-Salomaa, P., (toim.). Metsän kätköissä. Suomen metsäluonnon monimuotoisuus. Edita, Helsinki. 76 – 109 s.
- Niemelä, T. 2005: Käävät, puiden sienet. Edita, Helsinki. – *Norrlinia* 13: 1-320 s.
- Niemelä, T. 2016: Suomen käävät. Finnish Museum of Natural History LUOMUS. 432 S.
- Nordén, B., Ryberg, M., Götmark, F., & Olausson, B., 2004: Relative importance of coarse and fine woody debris for the diversity of wood-inhabiting fungi in temperate broadleaf forests. – *Biology of Conservation* 117: 1–10.

- Nordén, B., Götmark, F., Ryberg, M., Paltto, H., & Allmér, J., 2008: Partial cutting reduces species richness of fungi on woody debris in oak-rich forests. – *Canadian Journal of Forest Research* 38: 1807–1816.
- Ohlson, M., Söderström, L., Hörnberg, G., Zackrisson, O. & Hermansson, J. 1997: Habitat qualities versus long-term continuity as determinants of biodiversity in boreal old-growth swamp forests. – *Biological Conservation* 81(3): 221–231.
- Økland, B. 1994: Mycetophilidae (Diptera), an insect group vulnerable to forestry practices? A comparison of clearcut, managed and semi- natural spruce forests in southern Norway. – *Biodiversity and Conservation* 3:68-85.
- Økland, B., Bakke, A., Hågvar, S. & Kvamme, T. 1996: What factors influence the diversity of saproxylic beetles? A multiscaled study from a spruce forest in southern Norway. – *Biodiversity and Conservation* 5: 75-100.
- Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., & Kurz, W.A. 2011: A large and persistent carbon sink in the World's forests. – *Science* 333: 988–993.
- Penttilä, R., Siitonen, P., Korhonen K., Kurkela T., Kannelsuo S., Rantakangas E & Pesonen R. 1999: Dispersal of *Phlebia centrifuga*, 2. wood rotting fungus specialized on old-growth forests. - Nordic symposium on the ecology of coarse woody debris in boreal forests. Abstracts from posters and presentations, Umeå Yliopisto, Ruotsi. 26-27 s.
- Penttilä, R., Siitonen, J. & Kuusinen, M. 2004: Polypore diversity in managed and old-growth boreal *Picea abies* forests in southern Finland. – *Biological Conservation* 117(3): 271–283.
- Penttilä, R., Lindgren, M., Miettinen, O., Rita, H. & Hanski, I. 2006: Consequences of forest fragmentation for polyporous fungi at two spatial scales. – *Oikos* 114: 225-240.
- Päivinen, J., Björkqvist, N., Karvonen, L., Kaukonen, M., Korhonen, K-M., Kuokkanen, P., Lehtonen, H. & Tolonen, A. (toim.). 2011: Metsähallituksen metsätalouden ympäristöopas. Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja 67. 162 s.
- Ranius, T. & Fahrig, L. 2006: Targets for maintenance of dead wood for biodiversity conservation based on extinction thresholds. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 21:201–208.
- Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. (toim./eds.) 2010: Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 685 s.

- Renvall, P. 1995: Community structure and dynamics of wood-rotting basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland. – *Karstenia* 35: 1-51.
- Riihelä, A. 2018: Suullinen tiedonanto 16.4.2018. Luonnonsuojeluvalvoja, Lahden kaupunki.
- Rondeux, J. & Sanchez, C. 2009: Review of indicators and field methods for monitoring biodiversity within national forest inventories. Core variable: Deadwood. – *Environmental monitoring and assessment* 164: 617-30.
- Rouvinen, S. & Kuuluvainen, T. 2001: Amount and spatial distribution of standing and down dead trees in two areas of different fire history in a boreal Scots pine forest. – *Ecological Bulletins* 49: 115-127.
- Rouvinen, S. & Kouki, J. 2002: Spatiotemporal Availability of Dead Wood in Protected Old-growth Forests: A Case Study from Boreal Forests in Eastern Finland. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 17(4): 317-329.
- Salo, K. (toim.) 2015: Metsä. Monikäyttö ja ekosysteemipalvelut. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 328 s.
- Schoener, T. W. 1989: Food webs from the small to the large. – *Ecology* 70: 1559-1589.
- Schuck, A., Meyer, P., Menke, N., Lier, M. & Lindner, M. 2004: Forest biodiversity indicator: Deadwood—A proposed approach towards operationalising the MCPFE indicator. In M. Marchetti (toim.), Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe—From ideas to operationality. European Forest Institute. EFI proceedings 51: 49– 77.
- Siitonen, J. & Martikainen, P. 1994: Occurrence of rare and threatened insects living on decaying *Populus tremula*: a comparison between Finnish and Russian Karelia. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 9: 185-91.
- Siitonen, J., Martikainen, P., Kaila, L., Nikula, A. & Punttila, P. 1995: Kovakuoriaislajiston monimuotoisuus eri tavoin käsitellyillä metsäalueilla Suomessa ja Karjalan tasavallassa. Teoksess: Hannelius, S. & Niemela, P. (toim.). Monimuotoisuus metsien hoidossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 564. 43-63 s.
- Siitonen, J. 1998a: Vanhan metsän lajisto. Kovakuoriaiset. Julkaisussa: Sarin, O. & Kumpulainen, K. (toim.). Vanhaa metsää etsimässä. Metsähallitus, luonnonsuojelu, Vantaa. 21-27 s.
- Siitonen, J. 1998b: Lahopuun merkitys metsäluonnon monimuotoisuudelle – kirjallisuuskatsaus. Julkaisussa: Annala, E. (toim.). Monimuotoinen metsä. Metsäluonnon monimuotoisuuden tutkimusohjelman väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 705. 131–161 s.

- Siitonen, J. 1999: Haavan merkitys metsäluonnon monimuotoisuudelle. Julkaisussa: Hynynen, J. & Viherä-Aarnio, A. (toim.). Haapa - monimuotoisuutta metsään ja metsä talouteen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 725: 71-82.
- Siitonen, J. & Saaristo, L. 2000: Habitat requirements and conservation of *Phytokolwensis*, a beetle species of old-growth boreal forest. – *Biological Conservation* 94: 211–220.
- Siitonen, J., Martikainen, P., Punttila, P., Rauh, J., 2000: Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland. – *Forest Ecology and Management* 128: 211–225.
- Siitonen, J. 2001: Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. – *Ecological Bulletins* 49: 11-41.
- Siitonen, J., Kaila, L., Kuusinen, M., Martikainen, P., Penttilä, R., Punttila, P. & Rauh, J. 2001: Vanhojen talousmetsien ja luonnonmetsien rakenteen ja lajiston erot Etelä- Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 812
- Siitonen, J. & Hanski, I. 2004: Metsälajiston ekologia ja monimuotoisuus. Teoksessa: Kuuluvainen, T., Saaristo, L., Keto-Tokoi, P., Kostamo, J., Kuuluvainen, J., Kuusinen, M., Ollikainen, M. & Salpakivi-Salomaa, P., (toim.). Metsän kätköissä. Suomen metsäluonnon monimuotoisuus. Edita, Helsinki. 383 s.
- Siitonen, P., Lehtinen, A. & Siitonen, M., 2005: Effects of forest edges on the distribution, abundance, and regional persistence of wood-rotting fungi. – *Conservation Biology* 19: 250–260.
- Siitonen, J. 2012: Threatened saproxylic species. Teoksessa: Stokland, J., Siitonen, J., & Jonsson, B.G. (toim.), 2012. Biodiversity in Dead Wood. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Siitonen, J. & Hamberg, L. 2012: Taajamametsien merkitys luontoarvojen turvaamisessa. Teoksessa: Hamberg, L., Löfström, I. & Häkkinen, I. (toim.) 2012. Taajamametsät – suunnittelu ja hoito. Metsäkustannus. 155 s.
- Similä, M., Kouki, J. & Martikainen, P. 2003. Saproxylic beetles in managed and seminatural Scots pine forests: quality of dead wood matters. – *Forest Ecology and Management* 174: 365-381.
- Similä, M., & Junninen, K. (toim.) 2011: Metsien ennallistamisen ja luonnonhoidon opas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B 157.

- Sippola, A.-L., Siitonen, J. & Kallio, R. 1998: Amount and quality of coarse woody debris in natural and managed coniferous forests near the timberline in Finnish Lapland. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 13: 201-214.
- Sippola, A.-L., Lehesvirta, T. ja Renvall, P. 2001: Effects of selective logging on coarse woody debris and diversity of wood decaying polypores in eastern Finland. – *Ecological Bulletins* 49: 243-254.
- Sippola, A.-L., Mönkkönen, M. & Renvall, P. 2005: Polypore diversity in the herb-rich woodland key habitats of Koli National Park in eastern Finland. – *Biological Conservation* 126: 260–269.
- Speight, M. C. D. 1989: Saproxylic invertebrates and their conservation. – *Nature and Environment Sciences* 42: 1–79
- Spies, T. A., Franklin, J. F. & Thomas, T. B. 1988: Coarse woody debris in douglas-Fir forests of western Oregon and Washington. – *Ecology* 69: 1689–1702.
- Stokland, J.N. 2001: The coarse woody debris profile: an archive of recent forest history and an important biodiversity indicator. – *Ecological Bulletins* 49: 71–84.
- Stokland, J. & Kauserud, H. 2004: *Phellinus nigrolimitatus*— a wood-decomposing fungus highly influenced by forestry. – *Forest Ecology and Management* 187(2–3): 333–343.
- Stokland, J. N. 2012: The saproxylic food web. Teoksessa: Stokland, J., Siitonen, J., Jonsson, B.G. (toim.), 2012: Biodiversity in Dead Wood. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Stokland, J. N. & Siitonen, J. 2012: Mortality factors and decay succession. Teoksessa: Stokland, J., Siitonen, J., Jonsson, B.G. (toim.), 2012: Biodiversity in Dead Wood. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Söderström, L. & Jonsson, B. G. 1992: Fragmentation of old growth forests and bryophytes on temporary substrates. – *Svens Botanisk Tidskrift* 86: 185-198.
- Söderström, L. 1993: Substrate preference in some forest bryophytes: a quantitative study. – *Lindbergia* 18: 98-103.
- Tibell, L. 1992: Crustose lichens as indicators of forest continuity in boreal coniferous forests. – *Nordic Journal of Botany* 12: 427-450.
- Tikkanen, O.-P., Martikainen, P., Hyvärinen, E., Junninen, K. & Kouki, J. 2006: Red-listed boreal forests species of Finland: associations with forest structure, tree species and decaying wood. – *Annales Zoologici Fennici* 43: 373-383.



- Tyrrell, L. E. & Crow, T. R. 1994: Dynamics of dead wood in old-growth hemlock hardwood forests of northern Wisconsin and northern Michigan. – *Canadian Journal of Forest Research* 24: 1672 – 1683
- Uotila, A., Maltamo, M., Uuttera, J. & Isomäki, A. 2001: Stand structure in semi-natural and managed forests in eastern Finland and Russian Karelia. – *Ecological Bulletins* 49: 149–158.
- Väisänen, R., Biström, O. & Heliövaara, K. 1993: Sub-cortical Coleoptera in dead pines and spruces: is primeval species composition maintained in managed forest. – *Biodiversity and Conservation* 2: 95-113.
- Ylläsjärvi, I., Berglund, H., Kuuluvainen, T., 2011: Relationships between woodinhabiting fungal species richness and habitat variables in old-growth forest stands in the Pallas-Yllästunturi National Park, northern boreal Finland. – *Silva Fennica* 45: 995–1013.
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014: Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

## Liitteet

**Liite 1.** Tutkimuskohteiden metsäluokat (hoidetut kaupunkimetsät, hoitamattomat kaupunkimetsät ja luonnontilaisen kaltaiset metsät), kunnat, kohdekoodit, puuston ikä, metsätyyppi, metsän koko (Hattunen 2018, Heinänen 2018), koealan koko jolta mitattu elävä puusto ja koealan koko jolta mitattu lahoppuusto.

| Kohteen tyyppi   | Kunta      | Kohde | Puuston ikä v.     | Metsä-tyyppi | Metsän koko | Koeala elävät | Koeala lahot |
|------------------|------------|-------|--------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
| Hoidettu         | Lahti      | K1    | 51-120             | MT           | -           | 0,20          | 0,20         |
| Hoidettu         | Lahti      | K2    | 5180               | MT           | 14,6        | 0,16          | 0,20         |
| Hoidettu         | Lahti      | K3    | 51-80              | OMT          | 11,2        | 0,12          | 0,20         |
| Hoidettu         | Lahti      | K4    | 51-120             | MT           | 8,4         | 0,20          | 0,20         |
| Hoidettu         | Lahti      | K5    | 51-80              | MT           | 12,8        | 0,16          | 0,20         |
| Hoidettu         | Lahti      | K6    | 51-100             | OMT/<br>MT   | 3,9         | 0,20          | 0,20         |
| Hoidettu         | Lahti      | K7    | 51-120             | MT           | 7,4         | 0,20          | 0,20         |
| Hoitamaton       | Lahti      | L1    | 51-100             | MT           | 6,2         | 0,20          | 0,20         |
| Hoitamaton       | Lahti      | L2    | 81-120             | MT           | 6,0         | 0,12          | 0,20         |
| Hoitamaton       | Lahti      | L3    | 81-100             | OMT          | 5,8         | 0,20          | 0,20         |
| Hoitamaton       | Lahti      | L4    | 51-100             | MT           | 14,6        | 0,20          | 0,20         |
| Hoitamaton       | Lahti      | L5    | 51-80              | MT           | 10,1        | 0,20          | 0,20         |
| Hoitamaton       | Lahti      | L6    | 51-120             | OMT/<br>MT   | 32,6        | 0,20          | 0,20         |
| Hoitamaton       | Lahti      | L7    | 51-100             | MT           | 19,0        | 0,08          | 0,20         |
| Hoitamaton       | Lahti      | L8    | 51-120             | OMT          | 9,5         | 0,16          | 0,20         |
| Hoitamaton       | Lahti      | L9    | 51-100             | OMT/<br>MT   | 1,9         | 0,16          | 0,20         |
| Luonnon-tilainen | Padasjoki  | N1    | >126 /<br>> 150    | MT           | 114         | 0,16          | 0,20         |
| Luonnon-tilainen | Mäntsälä   | N2    | 101-125            | MT           | 287         | 0,20          | 0,20         |
| Luonnon-tilainen | Heinola    | N3    | >150               | MT           | 85          | 0,20          | 0,20         |
| Luonnon-tilainen | Heinola    | N4    | 81-150             | MT           | 82          | 0,16          | 0,20         |
| Luonnon-tilainen | Orimattila | N5    | 101-125<br>/ > 150 | MT           | 21,8        | 0,16          | 0,20         |
| Luonnon-tilainen | Sysmä      | N6    | > 150              | MT           | 21          | 0,16          | 0,20         |
| Luonnon-tilainen | Heinola    | N7    | > 126              | MT           | 16          | 0,16          | 0,20         |
| Luonnon-tilainen | Heinola    | N8    | 101-125            | MT/<br>OMT   | 36          | 0,16          | 0,20         |

## Liite 2a. Lahopuiden laatuluokitusohje (Lahopuut, laatuluokitus ja mittaus 2010)

### LAHOPUUT LAATULUOKITUS JA MITTAUS 2010

|  |   |
|--|---|
| <p><b>LAATU 1.</b></p> <p>Kokonainen kuollut pystypuu<br/>Kuollut pystypuu; latvasta &lt; 1/3 puun pituudesta katkennut</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan rinnankorkeudelta <math>d_{1,3}</math> pystypuusta</li> <li>• puun korkeus – yleensä tyhjä; pötkäevistä mitataan pituus</li> <li>• lahoaste – pystypuun lahoaste</li> </ul>  | <p><b>LAATU 3.</b> Juurineen kaatunut tai juurista murtunut puu<br/>(ei erillistä kanto- tai pystyosaa)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan rinnankorkeudelta <math>d_{1,3}</math></li> <li>• puun korkeus – yleensä tyhjä; jos latvasta puuttuu osa mitataan pituus</li> <li>• lahoaste – maapuun lahoaste</li> </ul>  |
| <p><b>LAATU 2.</b> Pötkö tai korkea luonnonkanto; korkeus <math>\geq 1,3</math> m<br/>yli 1/3 osaa puun pituudesta katkennut<br/>(latvaosa puuttuu, hävinnyt)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan rinnankorkeudelta <math>d_{1,3}</math> pötköstä</li> <li>• puun korkeus – pötkön korkeus; mitataan aina</li> <li>• lahoaste – pötkön lahoaste</li> </ul>   | <p><b>LAATU 4B.</b> Katkennut puu; &lt; 1,3 m korkea kanto ja maapuu</p> <p>Kantoa ei mitata erikseen, vain maapuusosan tiedot mitataan yhdelle riville, huomioiden kanto-osa.</p> <p>Kanto; korkeus &lt; 1,3 m</p> <p><b>LAATU 4B.</b> Katkennut maapuu<br/>(kannon yhteydessä)</p> <p>MAAPUUSOSAN TIEDOT MITATAAN (yhdelta riville)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan maapuusta rinnankorkeudelta <math>d_{1,3}</math></li> <li>• Huomioitava kannon korkeus</li> <li>• puun korkeus – yleensä tyhjä; jos latvasta puuttuu osa mitataan koko puun pituus</li> <li>• lahoaste – maapuun lahoaste</li> </ul>  |
| <p><b>LAATU 2 ja 4A.</b> Kahdessa osassa oleva katkennut puu; pötkö ja maapuuosa; pötköosan korkeus <math>\geq 1,3</math> m; yli 1/3 puun pituudesta katkennut</p> <p>Pötkön ja maapuusosan tiedot mitataan erikseen kahdelle peräkkäiselle riville (sama puun numero molemmille osille).</p> <p><b>LAATU 2.</b> Pötkö<br/>korkeus <math>\geq 1,3</math> m</p> <p><b>LAATU 4A.</b> Pötkön maapuuosa</p> <p>MOLEMPIEN OSIEN TIEDOT MITATAAN ERIKSEEN<br/>(kahdelle peräkkäiselle riville)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan pötköstä rinnankorkeudelta <math>d_{1,3}</math></li> <li>• puun korkeus – pötköosan korkeus; mitataan aina</li> <li>• lahoaste – pötköosan lahoaste</li> <li>• läpimitta – mitataan maapuusta tyveltä</li> <li>• puun korkeus – yleensä tyhjä; jos latvasta puuttuu osa mitataan maapuun pituus</li> <li>• lahoaste – maapuun lahoaste</li> </ul> | <p><b>LAATU 4C.</b> Katkennut puu; maapuukappale; tyvi- ja latvaosa puuttuu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan tyveltä</li> <li>• puun korkeus – maapuun pituus; mitataan aina</li> <li>• lahoaste – maapuun lahoaste</li> </ul> <p><b>LAATU 4D.</b> Katkennut puu; katkennut tai pudonnut latvus; tyviosa puuttuu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan tyveltä</li> <li>• puun korkeus – maapuun pituus; mitataan aina</li> <li>• lahoaste – maapuun lahoaste</li> </ul>   |
| <p><b>LAATU 5.</b> Hakkuukanto tai tekopötkö<br/>(muu osa puusta puuttuu)</p> <p><b>5A.</b> Tekopötkö tai korkea hakkuukanto; korkeus <math>\geq 1,3</math> m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan rinnankorkeudelta <math>d_{1,3}</math></li> <li>• puun korkeus – tekopötkön tai kannon korkeus; mitataan aina</li> <li>• lahoaste – tekopötkön tai kannon lahoaste</li> </ul> <p><b>5B.</b> Hakkuukanto; korkeus &lt; 1,3 m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan kannon katkaisupinnalta</li> <li>• puun korkeus – kannon korkeus; mitataan aina</li> <li>• lahoaste – kannon lahoaste</li> </ul>   | <p><b>LAATU 5A ja 10A.</b> Kahdessa osassa oleva kaadettu puu; <math>\geq 1,3</math> m korkea tekopötkö tai hakkuukanto ja maapuusosa</p> <p>Tekopötkön tai korkean hakkuukannon ja maapuusosan tiedot mitataan erikseen kahdelle peräkkäiselle riville (sama puun numero molemmille osille).</p> <p><b>LAATU 5A.</b> Tekopötkö tai korkea hakkuukanto; korkeus <math>\geq 1,3</math> m</p> <p><b>LAATU 10A.</b> Tekopötkön maapuuosa</p> <p>MOLEMPIEN OSIEN TIEDOT MITATAAN ERIKSEEN<br/>(kahdelle peräkkäiselle riville)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan pystypuusasta rinnankorkeudelta <math>d_{1,3}</math></li> <li>• puun korkeus – pystypuusosan korkeus; mitataan aina</li> <li>• lahoaste – pystypuusosan lahoaste</li> <li>• läpimitta – mitataan maapuusta tyveltä</li> <li>• puun korkeus – yleensä tyhjä; jos latvasta puuttuu osa mitataan maapuun pituus</li> <li>• lahoaste – maapuun lahoaste</li> </ul> |
| <p><b>LAATU 6.</b> Jätetty pölli tai tyveys; tyvi- ja latvaosa puuttuu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan tyveltä</li> <li>• puun korkeus – maapuun pituus; mitataan aina</li> <li>• lahoaste – maapuun lahoaste</li> </ul>   | <p><b>LAATU 10B.</b> Kaadettu puu; &lt; 1,3 m korkea hakkuukanto ja kaadettu puu</p> <p>Hakkuukantoa ei mitata erikseen, vain kaadetun puun maapuusosan tiedot mitataan yhdelle riville, huomioiden kanto-osa.</p> <p>Hakkuukanto; korkeus &lt; 1,3 m</p> <p><b>LAATU 10B.</b> Kaadettu puu<br/>(hakkuukannon maapuusosa)</p> <p>MAAPUUSOSAN TIEDOT MITATAAN (yhdelta riville)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan maapuusta tyveltä</li> <li>• puun korkeus – yleensä tyhjä; jos latvasta puuttuu osa mitataan maapuun pituus</li> <li>• lahoaste – maapuun lahoaste</li> </ul>  |
| <p><b>LAATU 7.</b> Hakkuutähdelätvus tai hakkuutähdöksä; tyviosa puuttuu</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan tyveltä</li> <li>• puun korkeus – maapuun pituus; mitataan aina</li> <li>• lahoaste – maapuun lahoaste</li> </ul>   | <p><b>LAATU 8.</b> Pudonnut oksa</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan tyveltä</li> <li>• puun korkeus – oksan pituus; mitataan aina</li> <li>• lahoaste – oksan lahoaste</li> </ul>  |
| <p><b>LAATU 8.</b> Pudonnut oksa</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan tyveltä</li> <li>• puun korkeus – oksan pituus; mitataan aina</li> <li>• lahoaste – oksan lahoaste</li> </ul>   | <p><b>LAATU 9.</b> Luonnonkanto; korkeus &lt; 1,3 m<br/>(muu osa puusta puuttuu)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan katkaisupinnalta</li> <li>• puun korkeus – kannon korkeus; mitataan aina</li> <li>• lahoaste – kannon lahoaste</li> </ul>  |
| <p><b>LAATU 9.</b> Luonnonkanto; korkeus &lt; 1,3 m<br/>(muu osa puusta puuttuu)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan katkaisupinnalta</li> <li>• puun korkeus – kannon korkeus; mitataan aina</li> <li>• lahoaste – kannon lahoaste</li> </ul>   | <p><b>LAATU 0.</b> Ei tietoa; käytetään vain jos latva ei pystyvä määrittämään<br/>(yleensä vain pitkälle lahonneita maapuita)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• läpimitta – mitataan maapuun tyveltä (tai kannon yläpinnalta)</li> <li>• puun korkeus – maapuun pituus (tai kannon korkeus); mitataan aina</li> <li>• lahoaste – maapuun (tai kannon) lahoaste</li> </ul>   |

**Liite 2b.** Lahopuiden lahoasteen luokitteluohje (Lahopuut, laatuluokitus ja mittaus 2010)

**Lahoaste:** 1a = *vastakuollut*, edellisen vuoden aikana kuollut puu; nila tuoretta ja vaaleaa tai kaarnakuoriaisten käytössä; neulasen kaatuneilla puilla us. vielä vihreät  
 1b = *puuaineksestaan kova*. Puukko tunkeutuu puuhun vain muutaman millimetrin.  
 2 = *pintalahko, melko kova*; puukko tunkeutuu puuhun keskimäärin 1-2 cm  
 3 = *pintalahko, melko pehmeä*; puukko tunkeutuu puuhun keskimäärin 3-5 cm  
 4 = *läpilaho*, puukko tunkeutuu puuhun kahvaansa myöten, runko kuitenkin säilyttänyt muotonsa  
 5a = pitkälle lahonnut, hajoaa potkimalla, puuaines muotoiltavissa sormilla,  
 5b = hyvin pitkälle lahonneet, metsämaasta vain kohoutumana erottuvat rungot

**Liite 3.** Elävän puuston lukumäärä puulajeittain eri läpimittaluokissa hoidetuissa ja hoitamattomissa kaupunkimetsissä, sekä luonnontilaisen kaltaisissa metsissä. Sulkeissa vaihteluväli ja tummennettuna tilastollisesti merkitsevä p-arvo ( $p < 0,05$ ). \* Kertoo luonnontilaisten metsien eroavan tilastollisesti merkitsevästi hoidetuista kaupunkimetsistä. \*\* Kertoo luonnontilaisten metsien eroavan merkitsevästi hoitamattomista kaupunkimetsistä.

|   | Hoidetut | Hoitamattomat | Luonnontilaiset     | p -arvo          |
|---|----------|---------------|---------------------|------------------|
| <b>Elävän puuston lukumäärä puulajeittain läpimittaluokissa</b> |          |               |                     |                  |
| Kuusi 5–9 cm  | 45       | 37            | 180 <sup>* **</sup> | <b>0.001817</b>  |
| kpl/ha  | (0-180)  | (0-119)       | (0-425)             |                  |
| Kuusi 10–19 cm  | 47       | 64            | 188 <sup>* **</sup> | <b>0.0008691</b> |
| kpl/ha  | (0-150)  | (6-156)       | (60-281)            |                  |
| Kuusi 20–29 cm  | 62       | 78            | 124                 | 0.1175           |
| kpl/ha  | (5-138)  | (0-200)       | (80-181)            |                  |
| Kuusi 30–39 cm  | 143      | 107           | 68 *                | <b>0.03411</b>   |
| kpl/ha  | (42-205) | (13-225)      | (44-100)            |                  |
| Kuusi 40–49 cm  | 68       | 69            | 22 <sup>* **</sup>  | <b>0.0009736</b> |
| kpl/ha  | (40-135) | (33-90)       | (13-40)             |                  |
| Kuusi ≥ 50 cm   | 18       | 25            | 11                  | 0.3941           |
| kpl/ha  | (0-75)   | (5-50)        | (0-38)              |                  |
| Mänty 30–39 cm  | 5        | 5             | 25                  | <b>0.0578</b>    |
| kpl/ha  | (5-17)   | (5-31)        | (0-75)              |                  |
| Rauduskoivu   | 1        | 3             | 16                  | <b>0.05738</b>   |
| 30–39 cm kpl/ha   | (0-5)    | (0-20)        | (0-50)              |                  |
| Rauduskoivu   | 0        | 2             | 9 <sup>* **</sup>   | <b>0.01258</b>   |
| 40–49 cm kpl/ha   | (0-0)    | (0-10)        | (0-25)              |                  |
| Haapa   | 0        | 0             | 2 <sup>* **</sup>   | <b>0.02922</b>   |
| 40–49 cm kpl/ha   | (0-0)    | (0-0)         | (0-6)               |                  |

**Liite 4.** Lahopuuston tilavuus eri ulkoasuissa, lahoasteissa ja läpimittaluokissa hoidetuissa ja hoitamattomissa kaupunkimetsissä, sekä luonnontilaisen kaltaisissa metsissä. Sulkeissa vaihteluväli ja tummennettuna tilastollisesti merkitsevä p-arvo ( $p < 0,05$ ). \* Kertoo luonnontilaisten metsien eroavan tilastollisesti merkitsevästi hoidetuista kaupunkimetsistä. \*\* Kertoo luonnontilaisten metsien eroavan merkitsevästi hoitamattomista kaupunkimetsistä.

|   | <b>Hoidetut</b>      | <b>Hoitamattomat</b>   | <b>Luonnontilaiset</b>    | <b>p -arvo</b>   |
|---|----------------------|------------------------|---------------------------|------------------|
| <b>Diversiteetti</b>                                      |                      |                        |                           |                  |
| Pystypuu  | 3<br>(1-7)           | 9<br>(4-15)            | 14 *<br>(9-19)            | <b>0.001171</b>  |
| Maapuusto   | 4<br>(1-9)           | 10<br>(5-18)           | 14 *<br>(6-19)            | <b>0.0002756</b> |
| Havupystypuu  | 1<br>(1-5)           | 3<br>(1-5)             | 5 * **<br>(2-8)           | <b>0.00114</b>   |
| Lehtipystypuu   | 1<br>(0-2)           | 2<br>(1-5)             | 2<br>(0-5)                | 0.718            |
| Havumaapuu  | 2<br>(0-6)           | 6<br>(2-11)            | 9 *<br>(6-11)             | <b>0.0001524</b> |
| Lehtimaapuu   | 3<br>(0-5)           | 5<br>(1-161)           | 5<br>(0-11)               | 0.3704           |
| <b>Lahopuuston tilavuuden jakaantuminen ulkoasuittain</b> |                      |                        |                           |                  |
| Pystypuu<br>m <sup>3</sup> /ha                            | 7,53<br>(1,46-21,69) | 29,59<br>(9,06-104,82) | 22,68<br>(7,26-46,85)     | 0.1403           |
| Maapuu<br>m <sup>3</sup> /ha                              | 4,56<br>(0,23-14,54) | 30,91<br>(30,7-76,43)  | 49,35 *<br>(18,38-135,0)  | <b>0.01314</b>   |
| Pystyhavupuu<br>m <sup>3</sup> /ha                        | 1,20<br>(0-3,30)     | 2,36<br>(0-13,78)      | 3,27<br>(0-12,01)         | 0.5722           |
| Pystylehtipuu<br>m <sup>3</sup> /ha                       | 6,33<br>(0-18,68)    | 27,22<br>(4,11-104,74) | 19,42<br>(3,33-46,63)     | 0.1813           |
| Maahavupuu<br>m <sup>3</sup> /ha                          | 3,69<br>(0-13,96)    | 24,91<br>(0,72-66,45)  | 42,19 *<br>(19,43-132,25) | <b>0.04709</b>   |
| Maalehtipuu<br>m <sup>3</sup> /ha                         | 0,86<br>(0-2,61)     | 6,0<br>(0,2-24,11)     | 7,15<br>(0-33,64)         | 0.3282           |

|  | Hoidetut             | Hoitamattomat          | Luonnon-tilaiset        | p -arvo         |
|--|----------------------|------------------------|-------------------------|-----------------|
| <b>Lahopuuston tilavuuden jakaantuminen lahoasteittain</b> |                      |                        |                         |                 |
| Lahopuuston m <sup>2</sup> /ha                             | 9,96<br>(1,22-21,39) | 42,33<br>(9,50-162,35) | 33,88<br>(7,52-109,30)  | 0.2122          |
| laholuokassa 1   |                      |                        |                         |                 |
| Lahopuuston m <sup>2</sup> /ha                             | 1,75<br>(0-5,02)     | 10,58<br>(0,8-20,81)   | 24,12 *<br>(5,97-53,23) | <b>0.008259</b> |
| laholuokassa 2   |                      |                        |                         |                 |
| Lahopuuston m <sup>2</sup> /ha                             | 0,25<br>(0.1,05)     | 5,62<br>(0-18,04)      | 8,29 *<br>(0,19-19,79)  | <b>0.02724</b>  |
| laholuokassa 3   |                      |                        |                         |                 |
| Lahopuuston m <sup>2</sup> /ha                             | 0,8<br>(0-0,22)      | 1,37<br>(0,06-8,10)    | 4,20 *<br>(1,26-10,12)  | <b>0.01665</b>  |
| laholuokassa 4   |                      |                        |                         |                 |
| Lahopuuston m <sup>2</sup> /ha                             | 0,4<br>(0-0,22)      | 0,59<br>(0-2,36)       | 1,54<br>(0-5,64)        | 0.08539         |
| laholuokassa 5   |                      |                        |                         |                 |
| Pystylahopuuston m <sup>2</sup> /ha                        | 6,34<br>(1,11-19,17) | 26,99<br>(7,83-104,39) | 15,24<br>(4,19-39,61)   | 0.1611          |
| laholuokassa 1   |                      |                        |                         |                 |
| Pystypuun m <sup>2</sup> /ha                               | 1,15<br>(0-4,87)     | 2,24<br>(0-5,83)       | 4,80<br>(0,20-15,59)    | 0.1183          |
| laholuokassa 2   |                      |                        |                         |                 |
| P Pystypuun m <sup>2</sup> /ha                             | 0,2<br>(0-0,13)      | 0,29<br>(0-1,65)       | 1,50 *<br>(0-5,54)      | <b>0.04894</b>  |
| laholuokassa 3   |                      |                        |                         |                 |
| Pystypuun m <sup>2</sup> /ha                               | 0,2<br>(0-0,13)      | 0,05<br>(0-0,42)       | 1,03<br>(0-7,71)        | 0.3593          |
| laholuokassa 4   |                      |                        |                         |                 |
| Pystylahopuun m <sup>2</sup> /ha                           | 0                    | 0,2<br>(0-0,14)        | 0,11<br>(0-0,79)        | 0.335           |
| laholuokassa 5   |                      |                        |                         |                 |
| Maapuun m <sup>2</sup> /ha                                 | 3,36<br>(0-13,68)    | 15,34<br>(0,18-57,96)  | 18,64<br>(1,21-69,70)   | 0.3372          |
| laholuokassa 1   |                      |                        |                         |                 |
| Maapuun m <sup>2</sup> /ha                                 | 0,60<br>(0-1,47)     | 8,33<br>(0,08-17,90)   | 19,32 *<br>(5,06-46,45) | <b>0.006811</b> |
| laholuokassa 2   |                      |                        |                         |                 |
| Maapuun m <sup>2</sup> /ha                                 | 0,24<br>(0-1,05)     | 5,33<br>(0-18,03)      | 6,79 *<br>(0,19-14,25)  | <b>0.034</b>    |
| laholuokassa 3   |                      |                        |                         |                 |
| Maapuun m <sup>2</sup> /ha                                 | 0,6<br>(0-0,22)      | 1,33<br>(0,16-8,10)    | 3,18 *<br>(1,26-9,80)   | <b>0.04211</b>  |
| laholuokassa 4   |                      |                        |                         |                 |
| Maapuun m <sup>2</sup> /ha                                 | 0,4<br>(0-0,22)      | 0,58<br>(0-2,36)       | 1,43<br>(0-5,62)        | 0.1077          |
| laholuokassa 5   |                      |                        |                         |                 |

|   | Hoidetut  | Hoitamattomat | Luonnon-tilaiset       | p -arvo         |
|---|-----------|---------------|------------------------|-----------------|
| <b>Lahopuuston tilavuuden jakaantuminen läpimittaluokittain</b> |           |               |                        |                 |
| Lahopuu   | 1,14      | 4,69          | 10,91 <sup>*, **</sup> | <b>0.001234</b> |
| 10–19 cm  | (0-2,67)  | (0,92-12,36)  | (3,72-21,13)           |                 |
| Lahopuu   | 4,22      | 10,56         | 23,08*                 | <b>0.02819</b>  |
| 20–29 cm  | (0-11,64) | (0-19,86)     | (9,95-72,10)           |                 |
| Lahopuu   | 5,17      | 18,97         | 21,48                  | 0.171           |
| 30–39 cm  | (0-17,30) | (0-55,18)     | (4,62-75,55)           |                 |
| Lahopuu   | 1,56      | 21,61         | 7,61                   | <b>0.04352</b>  |
| 40–49 cm  | (0-10,95) | (0-39,24)     | (0-21,94)              |                 |
| Lahopuu   | 0         | 4,66          | 8,95                   | 0.2562          |
| >50 cm  |           | (0-31,37)     | (0-32,16)              |                 |
| Pystypuu  | 0,42      | 1,34          | 3,10 *                 | <b>0.008828</b> |
| 10–19 cm  | (0-1,11)  | (0-6,33)      | (0,25-4,59)            |                 |
| Pystypuu  | 2,56      | 4,77          | 7,61                   | 0.1825          |
| 20–29 cm  | (0-7,37)  | (0-16,66)     | (1,06-18,70)           |                 |
| Pystypuu  | 2,98      | 9,92          | 7,26                   | 0.2399          |
| 30–39 cm  | (0-11,61) | (0-34,47)     | (0-13,97)              |                 |
| Pystypuu  | 1,56      | 9,99          | 1,87                   | <b>0.02459</b>  |
| 40–49 cm  | (0-10,95) | (0-27,72)     | (0-11,93)              |                 |
| Pystypuu  | 0         | 3,56          | 2,85                   | 0.6004          |
| >50 cm  |           | (0-32,07)     | (0-13,07)              |                 |
| Maapuu  | 0,72      | 3,46          | 7,91 <sup>*, **</sup>  | <b>0.001439</b> |
| 10–19 cm  | (0-1,56)  | (0,38-9,86)   | (3,34-16,70)           |                 |
| Maapuu  | 1,61      | 5,67          | 15,39 *                | <b>0.04661</b>  |
| 20–29 cm  | (0-6,43)  | (0-10,63)     | (5,16-57,43)           |                 |
| Maapuu  | 2,23      | 9,75          | 15,03                  | 0.1715          |
| 30–39 cm  | (0-7,32)  | (0-24,69)     | (0-60,87)              |                 |
| Maapuu  | 0         | 10,84         | 5,76                   | 0.144           |
| 40–49 cm  |           | (0-45,71)     | (0-19,74)              |                 |
| Maapuu  | 0         | 1,17          | 5,26                   | 0.2813          |
| >50 cm  |           | (0-10,57)     | (0-29,90)              |                 |

**Liite 5.** Hakkuu-, ja luonnonkantojen pohjapinta-alat eri lahoasteissa hoidetuissa ja hoitamattomissa kaupunkimetsissä, sekä luonnontilaisen kaltaisissa metsissä. Sulkeissa vaihteluväli ja tummennettuna tilastollisesti merkitsevä p-arvo ( $p < 0,05$ ). \* Kertoo luonnontilaisten metsien eroavan tilastollisesti merkitsevästi hoidetuista kaupunkimetsistä. \*\* Kertoo luonnontilaisten metsien eroavan merkitsevästi hoitamattomista kaupunkimetsistä.

|  | <b>Hoidetut</b> | <b>Hoitamattomat</b> | <b>Luonnon-tilaiset</b> | <b>p -arvo</b> |
|--|-----------------|----------------------|-------------------------|----------------|
| <b>Hakkuukantojen pohjapinta-ala eri lahoasteissa</b>  |                 |                      |                         |                |
| Hakkuukantojen   | 1,11            | 1,52                 | 0,21                    | 0.1621         |
| m <sup>2</sup> /ha lahoasteessa 1                      | (0,16-4,45)     | (0-5,11)             | (0-1,0)                 |                |
| Hakkuukantojen   | 2,32            | 2,38                 | 0,28                    | 0.2902         |
| m <sup>2</sup> /ha lahoasteessa 2                      | (0,25-9,30)     | (0-9,52)             | (0-1,01)                |                |
| Hakkuukantojen   | 1,22            | 0,72                 | 0,20 *                  | <b>0.00387</b> |
| m <sup>2</sup> /ha lahoasteessa 3                      | (0,40-1,88)     | (0-2,17)             | (0-0,99)                |                |
| Hakkuukantojen   | 1,29            | 0,68                 | 0,32                    | 0.3343         |
| m <sup>2</sup> /ha lahoasteessa 4                      | (0,17-3,45)     | (0-3,10)             | (0-0,87)                |                |
| Hakkuukantojen   | 4,18            | 1,51                 | 1,76                    | <b>0.04753</b> |
| m <sup>2</sup> /ha lahoasteessa 5                      | (1,01-9,42)     | (0-5,15)             | (0,37-5,22)             |                |
| <b>Luonnonkantojen pohjapinta-ala eri lahoasteissa</b> |                 |                      |                         |                |
| Luonnonkantojen  | 0               | 0                    | 0,14                    | 0.07148        |
| m <sup>2</sup> /ha lahoasteessa 1                      |                 |                      | (0-0,59)                |                |
| Luonnonkantojen  | 0               | 0                    | 0,2                     | 0.1436         |
| m <sup>2</sup> /ha lahoasteessa 2                      |                 |                      | (0-0,10)                |                |
| Luonnonkantojen  | 0               | 0,2                  | 0,6                     | 0.1292         |
| m <sup>2</sup> /ha lahoasteessa 3                      |                 | (0-0,13)             | (0-0,17)                |                |
| Luonnonkantojen  | 0               | 0,3                  | 0,28                    | 0.06831        |
| m <sup>2</sup> /ha lahoasteessa 4                      |                 | (0-0,24)             | (0-0,17)                |                |
| Luonnonkantojen  | 0,4             | 0,9                  | 0,39) *' **             | <b>0.01805</b> |
| m <sup>2</sup> /ha lahoasteessa 5                      | (0-0,25)        | (0-0,40)             | (0-0,98                 |                |